



**UNIVERSIDAD DE CUENCA**

**Facultad de Ciencias Agropecuarias**

**Carrera de Ingeniería Agronómica**

**“Influencia de variables climáticas, topográficas y edáficas sobre la composición  
florística, diversidad de especies y densidad en bosques montanos andinos, macizo del  
Cajas, provincia del Azuay.”**

*Tesis previa a la obtención del  
título de Ingeniero Agrónomo.*

**AUTORES:**

Mosquera Guamán Pablo Andrés

Cl: 0107319550

pablo.mosquera@ucuenca.edu.ec

Piedra Quezada Angélica Karina

Cl: 0105694475

angelica.piedra@ucuenca.edu.ec

**DIRECTOR:**

Ing. Forst. Ángel Oswaldo Jadán Maza MSc.

Cl: 1103298061

CUENCA – ECUADOR

22/01/2020

## RESUMEN

El Ecuador posee numerosos ecosistemas andinos entre los cuales se destacan los bosques nativos. Lamentablemente estos ecosistemas de vegetación natural se encuentran amenazados por deforestación. Debido a la falta de información que presentan estos ecosistemas de bosque en la provincia del Azuay se torna necesario realizar el presente trabajo que sirva como punto de partida para valorar estos ecosistemas con respecto a su diversidad taxonómica. En esta investigación se levantó información en veinte parcelas permanentes de muestreo ubicadas en dos pisos altitudinales (Chaucha 2000 a 3000 m. s.n.m y San Gerardo >3000 m s.n.m). Aquí se determinó la composición florística, se cuantificó la diversidad en base a la riqueza e índices de diversidad alfa. También se cuantificó la densidad de la vegetación leñosa y se establecieron relaciones entre la composición, diversidad y densidad con variables de temperatura, precipitación, altitud, pendiente, densidad aparente, materia orgánica, pH, textura y conductividad eléctrica que presentan estos bosques andinos. Como resultados se obtuvo que la composición florística y riqueza fue mayor en el sitio de menor altitud (Chaucha) mientras que la densidad fue mayor en el sitio de mayor altitud (San Gerardo). En lo que concierne a variables ambientales, no se presentaron diferencias ( $P < 0,05$ ) para pendiente y densidad aparente a los 15 cm de profundidad, tampoco para pH, ni conductividad eléctrica a las dos profundidades. El suelo fue caracterizado como franco limoso en Chaucha y como franco limoso y franco arenoso en San Gerardo. En general, se presentaron correlaciones entre las variables de la vegetación con las variables ambientales estudiadas, presentándose así, 9 correlaciones en biotipos leñosos  $\geq 5$  cm de DAP y 8 en biotipos  $\geq 10$  cm de DAP.

**Palabras clave:** Composición florística. Diversidad. Riqueza. Variables ambientales.



## ABSTRACT

Ecuador has numerous Andean ecosystems among which the native forests stand out. Unfortunately, these natural vegetation ecosystems are threatened by deforestation. Due to the lack of information of these forest ecosystems in the province of Azuay, it is necessary to carry out this work that serves as a starting point to assess these ecosystems regarding their taxonomic diversity. This investigation specifies information in twenty permanent sampling plots located on two altitude floors (Chaucha 2000 to 3000 m. a. s. l and San Gerardo > 3000 m. a. s. l). Here the floristic composition was determined, the diversity was quantified based on the richness and alpha diversity index. The density of the woody vegetation was also quantified and relations between the composition, diversity and density were established with variables of temperature, precipitation, altitude, slope, apparent density, organic matter, pH, texture and electrical conductivity of these Andean forests. As a result, it was determined that the floristic composition and richness was higher at the site of lower altitude (Chaucha) while the density was higher at the site of higher altitude (San Gerardo). Regarding the environmental variables, there were no differences ( $P < 0.05$ ) for slope and apparent density at a depth of 15 cm, nor for pH, nor electrical conductivity at both depths. The soil was characterized as silty loam in Chaucha and as silty loam and sandy loam in San Gerardo. In general, there were correlations between the vegetation variables and the environmental variables studied, thus presenting 9 correlations in woody biotypes  $\geq 5$  cm of DAP and 8 in biotypes  $\geq 10$  cm of DAP.

**Keywords:** Floristic composition. Diversity. Richness. Edaphic variables.



## TABLA DE CONTENIDOS

RESUMEN.....	1
ABSTRACT .....	2
TABLA DE CONTENIDOS.....	3
LISTA DE TABLAS.....	5
LISTA DE FIGURAS .....	6
LISTA DE ANEXOS .....	8
ABREVIATURAS Y SIMBOLOGIA .....	9
AGRADECIMIENTOS .....	14
DEDICATORIA.....	15
<b>1. INTRODUCCION</b> .....	16
<b>2. JUSTIFICACIÓN</b> .....	18
<b>3. OBJETIVOS</b> .....	19
3.1    Objetivo General .....	19
3.2    Objetivos Específicos.....	19
<b>4. HIPOTESIS</b> .....	19
<b>5. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</b> .....	20
5.1    Bosques Andinos y su importancia en la conservación de la diversidad florística	20
5.2    Composición florística en los bosques Andinos .....	20
5.3    Diversidad florística en los bosques Andinos .....	21
5.4    Índice de diversidad alfa .....	22
5.4.1    Índice de Shannon .....	22
5.4.2    Índice de Simpson .....	23
5.5    Abundancia y densidad de la vegetación .....	24
5.6    Variables ambientales y su relación a la vegetación natural.....	25
<b>6. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	28
6.1    Materiales y equipos .....	28
6.2    Área de estudio .....	28
6.3    Establecimiento de parcelas .....	30
6.4    Muestreo y toma de datos .....	30
6.5    Metodología para desarrollar el objetivo uno .....	31
6.6    Metodología para desarrollar el objetivo dos.....	32
6.6.1    Precipitación y Temperatura.....	32



6.6.2	Altitud y Pendiente .....	32
6.6.3	Densidad aparente.....	33
6.6.4	Materia Orgánica .....	33
6.6.5	pH .....	34
6.6.6	Textura.....	34
6.6.7	Conductividad Eléctrica .....	34
6.7	Metodología para desarrollar el objetivo tres .....	35
6.8	Diseño Experimental.....	35
<b>7.</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>37</b>
7.1	Cuantificación de las variables según la composición florística, diversidad y densidad. ....	37
7.2	Descripción de variables ambientales de precipitación, temperatura, altitud, pendiente, densidad aparente, pH, materia orgánica, conductividad eléctrica y textura. .	52
7.3	Establecer relaciones entre variables de la vegetación con las variables ambientales.	55
<b>8.</b>	<b>DISCUSIÓN.....</b>	<b>61</b>
<b>9.</b>	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>66</b>
<b>10.</b>	<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>68</b>
<b>11.</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....</b>	<b>69</b>
<b>12.</b>	<b>ANEXOS.....</b>	<b>73</b>



## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Número de familias, géneros y especies totales registradas en los sitios de estudio, en biotipos leñosos con $DAP \geq 5\text{cm}$ .	37
<b>Tabla 2.</b> Número de familias, géneros y especies totales registradas en los sitios de estudio, en biotipos leñosos con $DAP \geq 10\text{cm}$ .	39
<b>Tabla 3.</b> Especies, familias y número de individuos (abundancia) registrados en los sitios de estudio Chaucha y San Gerardo, en biotipos leñosos con $DAP \geq 5\text{cm}$ .	43
<b>Tabla 4.</b> Especies, familias y número de individuos registrados en los sitios de estudio Chaucha y San Gerardo, en biotipos leñosos con $DAP \geq 10\text{cm}$ .	48
<b>Tabla 5.</b> Promedio de las variables climáticas de temperatura y precipitación registrados en los dos sitios de investigación, Chaucha y San Gerardo.	52
<b>Tabla 6.</b> Promedios de las variables topográficas (altitud y pendiente) en los dos sitios de investigación Chaucha y San Gerardo, registrados en parcelas de 0,1 ha.	53
<b>Tabla 7.</b> Resultados obtenidos de las variables edáficas de pH, CE, densidad aparente y materia orgánica a 15 cm y 30 cm de profundidad en los dos sitios de investigación Chaucha y San Gerardo.	54
<b>Tabla 8.</b> Correlaciones entre variables de la vegetación con variables ambientales con biotipos leñosos $\geq 5\text{ cm de DAP}$ .	55
<b>Tabla 9.</b> Correlaciones entre variables de la vegetación con variables ambientales con biotipos leñosos $\geq 10\text{ cm de DAP}$ .	58

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Mapa de la ubicación de las parcelas de los sitios de estudio de Chaucha 2000 a 3000 msnm y San Gerardo > 3000 msnm. ....	29
<b>Figura 2.</b> Diseño de la parcela experimental. ....	30
<b>Figura 3.</b> Programa estadístico PAST para análisis de datos donde las filas representan las especies y en las columnas las parcelas. ....	32
<b>Figura 4.</b> Escalamiento multidimensional no métrico (Bray-Curtis) para medición de similitud en la composición florística en los dos sitios de estudio Chaucha y San Gerardo en parcelas de 1000 m <sup>2</sup> , en árboles con DAP ≥ 5 cm en bosques andinos del macizo del Cajas Azuay. ....	38
<b>Figura 5.</b> Diagrama de especies exclusivas y compartidas entre los dos sitios de investigación. ....	38
<b>Figura 6.</b> Escalamiento multidimensional no métrico (Bray-Curtis) para medición de similitud en la composición florística en los dos sitios de estudio Chaucha y San Gerardo en parcelas de 1000m <sup>2</sup> , en árboles con DAP ≥ 10 cm en bosques andinos del macizo del Cajas Azuay. ....	40
<b>Figura 7.</b> Promedio de riqueza de especies ± error estándar en biotipos leñosos con DAP ≥ 5 cm registrados en 20 parcelas de 1000 m <sup>2</sup> en bosques andinos del Macizo del Cajas. Letras distintas indican diferencias significativas. ....	40
<b>Figura 8.</b> Medias (± desviación estándar) para los índices de diversidad alfa de Shannon Simpson los dos sitios estudiados. Letras diferentes indican diferencias significativas. ....	41
<b>Figura 9.</b> Promedio de riqueza de especies ± error estándar en biotipos leñosos con DAP ≥ 10 cm registrados en 20 parcelas de 1000 m <sup>2</sup> en bosques andinos del Macizo del Cajas. Letras distintas indican diferencias significativas. ....	42
<b>Figura 10.</b> Medias (± desviación estándar/ error estándar) para los índices de diversidad alfa de Shannon y Simpson en biotipos leñosos con DAP ≥ 10 cm, de los dos sitios de estudio. Letras diferentes indican diferencias significativas. ....	42
<b>Figura 11.</b> Promedio en densidad (Ind/ha) de especies ± error estándar en biotipos leñosos con DAP ≥ 5 cm registrados en 20 parcelas de 1000 m <sup>2</sup> en bosques andinos del Macizo del Cajas. Letras distintas indican diferencias significativas. ....	43
<b>Figura 12.</b> Promedio en densidad (Ind/ha) de especies ± error estándar en biotipos leñosos con DAP ≥ 10 cm registrados en 20 parcelas de 1000 m <sup>2</sup> en bosques andinos del Macizo del Cajas. Letras distintas indican diferencias significativas. ....	47
<b>Figura 13.</b> Distribución en clases diamétricas de la densidad (Ind/ha) de los biotipos leñosos en los sitios de investigación Chaucha y San Gerardo. CD: Clases diamétricas; Ind: individuos ....	51
<b>Figura 14.</b> Distribución en clases diamétricas del área basal (m <sup>2</sup> /ha) de los biotipos leñosos en los sitios de investigación Chaucha y San Gerardo. ....	52
<b>Figura 15.</b> Relaciones de las variables de la vegetación con variables ambientales, para biotipos leñosos ≥ 5 cm DAP en parcelas de 0.1 ha. Color azul indica parcelas correspondientes a Chaucha; color rojo indica parcelas correspondientes a San Gerardo. .	57
<b>Figura 16.</b> Relaciones de las variables de la vegetación con variables ambientales, para biotipos leñosos ≥ 10 cm DAP en parcelas de 0.1 ha. Color azul indica parcelas correspondientes a Chaucha; el color rojo indica parcelas correspondientes a San Gerardo. ....	59



<b>Figura 17.</b> <i>Análisis de componentes principales para el ordenamiento, correlación y asociación con variables ambientales en bosques andinos del Macizo del Cajas. ....</i>	<b>60</b>
---	-----------





## LISTA DE ANEXOS

<b>Anexo 1.</b> Bosques de estudio Chaucha (izquierda) y San Gerardo (derecha). .....	73
<b>Anexo 2.</b> Establecimiento de parcelas experimentales. ....	73
<b>Anexo 3.</b> Toma de DAP de los biotipos leñosos.....	73
<b>Anexo 4.</b> Toma de muestras botánicas en las parcelas de investigación. ....	73
<b>Anexo 5.</b> Determinación de variables topográficas: altitud (izquierda) y pendiente (derecha). .....	74
<b>Anexo 6.</b> Toma de muestras de suelo para determinar variables edáficas (materia orgánica, pH, textura, conductividad eléctrica y densidad). ....	74
<b>Anexo 7.</b> Procesamiento de muestras botánicas. ....	74
<b>Anexo 8.</b> Identificación de especies botánicas.....	74
<b>Anexo 9.</b> Determinación de las variables edáficas en laboratorio. ....	75
<b>Anexo 10.</b> Especies exclusivas y compartidas de los sitios de investigación.....	76
<b>Anexo 11.</b> Correlaciones de las variables de la vegetación con variables ambientales con individuos con $DAP \geq 5$ cm. ....	80
<b>Anexo 12.</b> Correlaciones de las variables de la vegetación con variables ambientales con individuos con $DAP \geq 10$ cm. ....	82
<b>Anexo 13.</b> Valores de las variables topográficas y edáficas de las zonas de estudio. ....	84
<b>Anexo 14:</b> Hoja de campo para la descripción general de la parcela de investigación. ....	85
<b>Anexo 15:</b> Hoja de campo para la toma de datos del muestreo de suelo.....	86
<b>Anexo 16.</b> Hoja de campo para la toma de datos de DAP para individuos leñosos. ....	87
<b>Anexo 17.</b> Hoja de campo para la toma de datos de especies arbóreas presentes en las parcelas de investigación.....	88



## ABREVIATURAS Y SIMBOLOGIA

**CHA:** Chaucha

**SG:** San Gerardo

**DAP:** Diámetro a la altura del pecho

**HOR:** Horizonte

**MO:** Materia orgánica

**CE:** Conductividad eléctrica

**DA:** Densidad aparente

**PH:** Potencial hidrógeno

**TEX:** Textura

**IND/HA:** Individuo / hectárea

**NMS:** Escalamiento multidimensional no métrico

**CP:** Componentes principales

## Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio Institucional

---

Pablo Andrés Mosquera Guamán en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación “Influencia de variables climáticas, topográficas y edáficas sobre la composición florística, diversidad de especies y densidad en bosques montanos andinos, macizo del Cajas, provincia del Azuay.”, de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 22 de enero del 2020



Pablo Andrés Mosquera Guamán


C.I: 0107319550

## Cláusula de derechos de autor

---

Pablo Andrés Mosquera Guamán, autor del trabajo de titulación “Influencia de variables climáticas, topográficas y edáficas sobre la composición florística, diversidad de especies y densidad en bosques montanos andinos, macizo del Cajas, provincia del Azuay.”, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, 22 de enero del 2020



Pablo Andrés Mosquera Guamán

C.I: 0107319550

## Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio Institucional

---

Angélica Karina Piedra Quezada en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación “Influencia de variables climáticas, topográficas y edáficas sobre la composición florística, diversidad de especies y densidad en bosques montanos andinos, macizo del Cajas, provincia del Azuay.”, de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 22 de enero del 2020



Angélica Karina Piedra Quezada

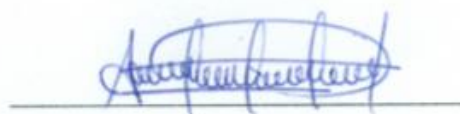
C.I: 0105694475

## Cláusula de derechos de autor

---

Angélica Karina Piedra Quezada, autor del trabajo de titulación “Influencia de variables climáticas, topográficas y edáficas sobre la composición florística, diversidad de especies y densidad en bosques montanos andinos, macizo del Cajas, provincia del Azuay.”, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, 22 de enero del 2020



Angélica Karina Piedra Quezada

C.I: 0105694475



## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecemos a nuestros familiares, por su apoyo, motivación y sacrificio durante todo este proceso educativo, sin ustedes no habría sido posible este logro.

A nuestro director de tesis Ing. Oswaldo Jadán por sus conocimientos, tiempo y paciencia para el desarrollo de la tesis. Gracias por el apoyo, los consejos y por la confianza depositada como docente y amigo.

También agradecemos a la Universidad de Cuenca por abrirnos la puerta para formarnos como profesionales y a todos los docentes de la Carrera de Agronomía por los conocimientos, experiencia y consejos brindados durante todos estos años para formar excelentes profesionales.

Un agradecimiento especial al Ing. Hugo Cedillo y al grupo de estudiantes establecido por su apoyo constante y compañerismo durante la fase de campo.

A los propietarios de los sitios de estudio quienes nos facilitaron los mismos para el desarrollo de nuestra investigación.

***Pablo Mosquera, Angélica Piedra***



## DEDICATORIA

A Dios y a mis padres Ángel y Margarita por darme la vida y guiar mis pasos para lograr concluir esta meta muy importante en mi vida y son mi impulso para seguir adelante, a mi hermano Cristian por siempre brindarme su apoyo, a mi tía Janeth y a mis primos Andrés y Nello que en todo momento me brindan su confianza, sus consejos y apoyo incondicional y todos aquellos familiares y amigos que de una u otra forma contribuyeron en el camino para alcanzar este logro que no es solo mío sino de todos ustedes.

***Pablo***

Mi tesis la dedico a Dios, por darme salud y sabiduría para poder concluir con mis estudios, a mis padres, Silvia y Daniel, mil gracias por brindarme su apoyo, consejos, amor incondicional y hacer de mí una mejor persona, a mis hermanos Ma. Eugenia, Josué y Daniel y a mi cuñado Jorge por la confianza, el cariño y alentarme cada día a seguir adelante, a mis sobrinos por ser esa alegría que dan a mi vida. Y a todas aquellas personas que estuvieron presentes para que este sueño se haga realidad. Este logro es por y para ustedes.

***Angélica***





## 1. INTRODUCCION

La región de los Andes es una de las áreas de mayor diversidad biológica del mundo y uno de los puntos calientes (hotspots) primordiales para la conservación en el planeta (Myers, Mittermeier, Mittermeier, Da Fonseca, & Kent, 2000). La zona andina y sus bosques en Colombia, Ecuador, Venezuela y Perú presentan un sistema montañoso único en la tierra, con una biodiversidad que exhibe una historia reciente. Si bien existen sistemas montañosos en todos los continentes, pero ninguno evidencia la complejidad histórica, la diversidad biológica de los Andes y su biota de los bosques andinos (González & Vásquez, 2017).

El Ecuador es reconocido a nivel mundial por su riqueza florística en todas las regiones naturales de su territorio. Así la región andina es considerada como uno de los sitios con mayor riqueza de plantas vasculares en el mundo (Rafiqpoor, Kier, & Kreft, 2005). Esta riqueza está asociada a una serie de variables ambientales como clima, distribución altitudinal, el relieve topográfico, suelos entre otros (Cabrera et al., 2019; Homeier, Breckle, Günter, Rollenbeck, & Leuschner, 2010; Jadán, Toledo, et al., 2017). Estos factores interactúan y dan origen a diferentes paisajes naturales que conviven con varios tipos de vegetación.

Muchos factores ambientales influenciados por la cordillera de los Andes y corrientes marinas, además de la ubicación geográfica, influyen para que el Ecuador posea una gran diversidad de climas, formaciones vegetales o ecosistemas naturales de vegetación. Esto ha permitido que sea considerado como uno de los 18 países megadiversos (Brown et al., 2007). La riqueza natural de diferentes grupos taxonómicos que posee el Ecuador justifica esta denominación, por lo que es importante desde perspectivas locales orientar esfuerzos al manejo y conservación sustentable de sus recursos naturales (Brown, Chiriboga, Esparza, & Montenegro, 2007). Por otro lado, los ecosistemas terrestres del Ecuador tienen una larga historia de influencia antropogénica y en muchos casos se desconoce el estado y distribución original; solo se cuenta



con descripciones de sus características después de cientos de años de presión humana (Galeas & Guevara, 2012).

No obstante, los ecosistemas de vegetación natural sean los páramos como los bosques nativos afrontan amenazas permanentes históricas por deforestación, actividades agrícolas y pecuarias, incendios, minería, etc. Según el Ministerio del Ambiente entre el 2008 y 2014 se perdió 47497 ha por año de vegetación natural. Las causas están ligadas a la ampliación de la frontera agrícola y minería especialmente (Jadán, Cedillo, et al., 2017; Sanchez, 2015; Sierra, 2013; Tapia, Homeier, Espinosa, Leuschner, & de la Cruz, 2015).

Por ello y para valorar integralmente a los bosques naturales es necesario emprender estudios sobre aspectos como la composición florística y su diversidad. Así también tratar de entender que variables del ambiente están influyendo sobre variables de su vegetación, para lo cual en esta investigación se han establecido parcelas permanentes de investigación en donde se ha generado información sobre la diversidad florística en el Sur del Ecuador. Además, esta información servirá como línea base para emprender futuras investigaciones encaminadas al manejo, conservación y restauración estos sitios de bosques.

## 2. JUSTIFICACIÓN

En los Andes, varios estudios han documentado una alta riqueza de especies vasculares a nivel nacional y regional (Báez et al., 2015; Valencia, 2000). Localmente en el Sur del Ecuador varias investigaciones han documentado existencias con alta variación en sus parámetros de diversidad y estructura (Cabrera et al., 2019; Homeier et al., 2010; Kuebler et al., 2016). Debido a la alta riqueza de especies existentes en bosques naturales andinos es necesario valorarlos integralmente con base a las variables que corresponden a los recursos florísticos, como lo son la riqueza, composición florística y abundancia de especies. Esto permitirá obtener información técnica que permita emprender acciones técnicas, e incluso aplicar políticas públicas para manejarlos y conservarlos a largo plazo.

Esta conservación se torna prioritaria debido a los problemas ambientales y presiones antropogénicas a las que están sometidos los bosques a nivel mundial, nacional y local. De manera especial, los bosques maduros evaluados en el presente estudio forman parte de los escasos remanentes de vegetación natural existente en la provincia del Azuay. Aquí la amenaza hacia los recursos naturales florísticos existentes es bastante intensa por ser una provincia agrícola ganadera y en donde también se producen incendios forestales intensamente todos los años.

El conocimiento sobre la flora y la vegetación de las montañas andinas se ha incrementado durante los últimos años lo que ha permitido su calificación como uno de los principales centros de diversidad y especiación en el mundo (Aguirre, Loja, Solano, & Aguirre, 2015). Así mismo el generar información técnica sobre la composición de especies y riqueza florística en áreas específicas es importante dentro de la gestión de conocimiento, para dar a conocer ecológicamente áreas poco o nada evaluadas en zonas de importancia ecológica, como es la vertiente occidental de los Andes en la provincia del Azuay.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 Objetivo General**

Aportar al conocimiento sobre la composición florística, diversidad, abundancia de la vegetación leñosa y su relación con variables ambientales en bosques andinos en el macizo del Cajas.

#### **3.2 Objetivos Específicos**

1. Cuantificar variables de la vegetación según la composición florística, diversidad y densidad en bosques andinos del Macizo del Cajas dentro de dos pisos altitudinales.
2. Describir las variables ambientales de precipitación, temperatura, pendiente, altitud, densidad aparente, materia orgánica, pH, textura y conductividad eléctrica en los bosques andinos del macizo del Cajas, dentro de dos pisos altitudinales.
3. Establecer relaciones entre variables de la vegetación con las variables ambientales en bosques andinos del macizo del Cajas, dentro de dos pisos altitudinales.

### **4. HIPOTESIS**

1. Las variables de la vegetación disminuyen conforme se incrementa la altitud.
2. Existen relaciones entre las variables de vegetación con las variables ambientales de precipitación, temperatura, altitud, pendiente, materia orgánica, densidad aparente del suelo, pH, textura y conductividad eléctrica, en los bosques andinos del macizo del Cajas.



## **5. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

### **5.1 Bosques Andinos y su importancia en la conservación de la diversidad florística**

Los bosques andinos, se han considerado como uno de los ecosistemas más vulnerables y frágiles por lo cual a lo largo del tiempo se han tornado altamente fragmentados debido a varios factores, en donde la influencia humana ha sido el principal factor. Ante las reducciones históricas y actuales es necesario actualmente dirigir esfuerzos para la conservación debido a la alta diversidad y alto grado de endemismo que abarcan estos sitios (De la Torre, Navarrete, Muriel, Macía, & Balslev, 2008). En lugares con laderas y pendientes pronunciadas donde se encuentran bosques andinos, se han implementado otros usos de suelo, como la ganadería, esto ha provocado una considerable reducción de la superficie forestal con el pasar de los años, causando un efecto destructivo en la diversidad y riqueza de especies nativas presentes en estos ecosistemas (Young & León, 2000).

En algunos contextos geográficos de los Andes Tropicales, existe una riqueza única de especies que son de gran importancia debido al papel que cumplen ecológicamente como hábitat para la fauna silvestre. Los bosques también cumplen una función de la regulación hídrica, siendo las únicas fuentes de obtención del recurso agua lo cual influye en la calidad para las poblaciones de las partes bajas de los Andes (Pujos, 2013).

### **5.2 Composición florística en los bosques Andinos**

La composición florística hace referencia a las especies vegetales que se encuentran o se presentan en un sitio y que se utiliza habitualmente para efectuar comparaciones florísticas entre diferentes sitios. Aquí se evalúa e identifica las especies propias de un sitio específico, similitud o diferencia de la composición florística entre sitios y también se llega a determinar la densidad y distribución de las especies (Cano & Stevenson, 2009).



Según Minga et al. (2019) en su estudio en la reserva comunitaria de Uchucay ubicada en la provincia del Azuay, la cual mantiene remanentes de bosques nativos, determinaron en cuanto a la composición florística una importante dominancia de especies como: *Weinmannia fagaroides*, *Clusia flaviflora*, *Rugea sp*, *Oreopanax sp*, *Viburnum triphyllum*, *Myrsine coriacea* y otras especies nativas importantes. Estas son especies indicadoras y características de los bosques andinos las cuales pueden permanecer en sus hábitats naturales si se valora a estos ecosistemas con base a sus cualidades intrínsecas que son la base fundamental para el funcionamiento del ecosistema.

### 5.3 Diversidad florística en los bosques Andinos

La diversidad florística es un atributo que permite comprender y realizar comparaciones según dos componentes o atributos de la vegetación. En primer lugar está la riqueza de especies que corresponde a la cantidad de especies en un lugar definido y en segundo lugar a la equitatividad que es la relación que existen entre el número de individuos que posee cada especie (Cano & Stevenson, 2009; Krebs, 1999).

Estudios realizados en los Andes han documentado áreas con mayor y menor diversidad. Así, Caranqui, Lozano, and Reyes (2016) en su estudio realizado en la Reserva de producción de fauna del Chimborazo mostraron en sus resultados media a baja diversidad, comparado con otros ecosistemas tropicales. En bosques secundarios, al sur del Ecuador se registró mayor diversidad florística en sitios ubicados a mayor altitud (Jadán, Toledo, et al., 2017). Este patrón de asociación no coincide con lo registrado por Homeier et al. (2010) en la misma región sur del Ecuador, lo cual permiten inferir una alta variación de nivel de hábitat o ecosistema los cuales están marcados por variables climáticas y topográficas como la altitud y pendiente.

Según Franco, Betancur, and Franco (2010) en su estudio realizado a tres altitudes (2650-2900, 3000-3300 y 3400-3750msnm) en remanentes de bosques andinos en la cordillera central

colombiana, en cuanto a la riqueza obtuvo los mayores valores en sitios con altitud de 3000 a 3300 msnm y los menores en la zona más alta; además en esta zona se obtuvo el mayor número de individuos por especie. Álvarez, Carriel, and Villacís (2019) en su investigación, en cuanto a parámetros de riqueza y abundancia, indicaron que cuando existe incremento de la pendiente disminuye estos parámetros debido a la inclinación que presenta, por lo cual no se dan las condiciones adecuadas para el desarrollo vegetativo.

## 5.4 Índice de diversidad alfa

Este índice de diversidad hace referencia a la riqueza de especies de un sitio determinado y que se considera homogéneo. Es decir que este índice sirve para determinar el número total de especies que se encuentran en un determinado sitio de estudio (Amarilla, 2018). Bajo estos contextos de estudio y para poder determinar la diversidad de especies existen algunos índices muy conocidos como el índice de Shannon y el de Simpson (Del Río, Montes, Cañellas, & Montero, 2003). De estos se describe a continuación:

### 5.4.1 Índice de Shannon

Es uno de los índices más usados en temas de diversidad florística debido a que sus resultados presentan uniformidad de valores. Se basa en tomar un individuo de un sitio determinado al azar y que va servir como muestra para los demás individuos de esa comunidad o sitio (Aguirre, 2013). Su fórmula matemática es la siguiente:

$$H = \sum_{i=1}^S (P_i)(\log_n P_i)$$

H= Índice de la diversidad de la especie.

S= Numero de especie.

$P_i$  = proporción de la muestra que representa a la especie.

$\ln$  = Logaritmo natural.

Cuando se aplica la fórmula si el valor de  $H$  se eleva significa que también aumenta el número de especies o riqueza y que la distribución de individuos o abundancia tienen homogeneidad con las especies de la comunidad o sitio de muestreo. Por lo contrario, si el valor de  $H$  se reduce en comparación con los diferentes sitios será a causa de una reducción de la riqueza y mala distribución de la abundancia en cuanto a su riqueza (Somarriba, 1999).

#### 5.4.2 Índice de Simpson

Este índice tiene como finalidad medir cual es la probabilidad de que dos individuos de una muestra que fueron tomados al azar pertenezcan a la misma especie (Simpson, 1949). Se podría decir que nos revela información media entre el índice de Shannon y el de uniformidad debido a que aumenta según el número de especies lo que significa que está influido por las especies dominantes y por ese motivo es conocido como un índice de dominancia (Aguirre, 2013; Del Río et al., 2003). Su fórmula matemática es la siguiente:

$$\alpha = \sum (P_i)^2$$

$\sigma$  = Índice de dominancia

$P_i$  = Proporción de los individuos registrados en cada especie ( $n/N$ )

$n$  = Número de individuos de la especie

$N$  = Número total de especies

Los resultados una vez aplicada la fórmula se interpretan en un rango de 0 a 1 donde 0 representa mayor diversidad y 1 una diversidad menor. Debido a esta dificultad para su



interpretación se utiliza la fórmula de índice inversa de Simpson ( $\alpha = 1/\alpha$ ) donde el valor mínimo posible es 1 lo que representa un sitio con solo una especie y el valor máximo de este índice estará determinado por la riqueza del sitio o comunidad (Briceño, 2017; Magurran, 2013).

Una vez aplicada la fórmula se interpreta de la siguiente manera. Si el rango está cercano a 0 significa que no hay especies comunes o bajo índice de especies comunes. Por otro lado si el índice aumenta hasta 1 significa que los dos sitios analizados comparten el mismo número de especies o solo algunas especies esto dependiendo del valor del índice (Villareal et al., 2004).

### 5.5 Abundancia y densidad de la vegetación

La densidad es un parámetro que permite conocer el número de individuos (N) de una especie, clase o familia de plantas en un área determinada (A) (Matteucci & Colma, 1982). Se expresa como:

$$D = \frac{N}{A}$$

Mientras que la abundancia es la cantidad de individuos sin expresarlo en términos de unidad de superficie (Matteucci & Colma, 1982). Se han realizado estudios en bosques andinos maduros en donde se han determinado asociaciones negativas sobre la densidad de la vegetación arbórea con respecto a la altitud tanto a nivel local y regional (C. Girardin, Farfan, et al., 2014; Homeier et al., 2010). En bosques secundarios a nivel local no se registró el mismo patrón de asociación, lo cual estuvo influenciado por la edad de sucesión (Jadán, Toledo, et al., 2017).

A lo largo del tiempo se han generado dos formas de representación de la abundancia las cuales son la abundancia absoluta que se refiere al número o cantidad de individuos por especie registrada y la abundancia relativa que genera proporciones de los individuos de cada especie del total de los individuos del ecosistema en estudio (Lamprecht, 1990; López, Rodríguez,

Álvarez, & Quintana, 2015). Una investigación realizada por Torres and Alba (2016) en un bosque alto andino (3200-3500 m s.n.m.) del Parque Nacional Natural Puracé, Colombia obtuvieron como resultado alta abundancia de individuos pertenecientes a las familias Chloranthaceae, Melastomataceae, Cunoniaceae y Piperaceae las cuales poseen una alta variedad de especies comunes en estos ecosistemas afirmando que el sitio estudiado posee elementos típicos de la composición de los bosques andinos.

### **5.6 Variables ambientales y su relación a la vegetación natural**

Cuando se habla de variables ambientales se hace referencia a factores físicos y geográficos que tienen influencia en el desarrollo vegetativo en ciertas zonas. Aquí se desarrolla la vegetación natural como parte estructural de los bosques nativos debido a diferentes factores o variables ambientales (Castellanos & Newton, 2015; C. A. J. Girardin et al., 2010). Sobresalen factores como la precipitación, temperatura, altitud y pendiente, además de propiedades físicas y químicas de suelo como densidad aparente, conductividad eléctrica, pH y materia orgánica.

Con respecto a la temperatura, estará siempre relacionada negativamente con la altitud. Es así que conforme se asciende cada 1000 metros de altitud, la temperatura disminuye aproximadamente 6°C (Molina, 2007) . Esta variable es considerada como un factor influyente en el crecimiento y desarrollo vegetativo (Ulcuango & Pilar, 2013). La altitud es considerada un importante parámetro en relación a la vegetación natural, debido a que se relaciona con la temperatura de un lugar específico. Actualmente se han instalado laboratorios naturales en gradientes altitudinales a lo largo de todos los Andes en donde se ha evaluado parámetros taxonómicos y funcionales de la vegetación. Aquí se han determinado relaciones positivas o negativas entre esta variable con la diversidad, estructura y biomasa de la vegetación arbórea en bosques naturales andinos tanto a nivel local y regional (Báez et al., 2015; C. Girardin, Farfan, et al., 2014; Homeier et al., 2010; Jadán, Toledo, et al., 2017).



Con respecto a la precipitación, las plantas al igual que otros seres vivos necesitan de agua para su desarrollo. Es así que las magnitudes de esta variable, sean mayores o menores son de gran importancia para el desarrollo de la vegetación natural en diferentes escenarios o ecosistemas (Fernández, 2009). Esta variable ha sido utilizada muy frecuentemente en estudios de ecología forestal (Cavelier, Jaramillo, Solis, & de León, 1997; Urrutia & Vuille, 2009).

La pendiente natural en los territorios se trata del grado de inclinación que posee un sitio determinado. Es muy importante y se la ha considerado en bosques andinos como predictor sobre variables de la vegetación. Así en la región sur se ha determinado diferentes grupos de árboles los cuales poseen diferentes atributos con respecto a su diversidad, estructura y biomasa y estas diferencias están diferenciados por la pendiente (Homeier et al., 2010).

La materia orgánica del suelo forma una mezcla compleja de compuestos y es un constituyente sustancial de sus características y propiedades físicas, químicas y biológicas. Actúa como una fuente de energía y un medio de crecimiento. Parcialmente, determina la estructura del suelo, la agregación y porosidad, afecta a la infiltración y aireación del suelo (Greß & Gerding, 2003). La materia orgánica muerta (es decir la necromasa) y la hojarasca son variables que pueden influenciar altamente en los niveles de acumulación de biomasa y contenido de carbono en los bosques. Esto porque actúan como una vía de transferencia de nutrientes y energía entre las plantas y el suelo (Nottingham et al., 2015). En los bosques tropicales, también ha sido utilizada como variable predictora para explicar variables de riqueza y estructura de la vegetación natural (C. Girardin, Espejo, et al., 2014; Jara, De la Cruz, Espinosa, Méndez, & Escudero, 2015).

La densidad aparente del suelo es un parámetro físico que consiste en el peso seco del suelo por la unidad de volumen inalterado de suelo. Es un parámetro muy importante ya que es un indicador de propiedades como porosidad, estructura, infiltración, aireación y entre otros por lo que este parámetro influye mucho en el desarrollo de la vegetación (Rubio, 2010). La densidad



aparente en ciertos sistemas de vegetación forestal natural tiene gran influencia en la riqueza y la abundancia de especies vegetales, además de microorganismos descomponedores del suelo (Alameda, 2010).

La conductividad eléctrica (CE), se refiere a la concentración de sales solubles presentes en la solución de suelo. Se conoce que a mayor concentración de sales mayor será la medida de CE. Se afirma un buen desarrollo de la vegetación, la CE deberá ser en lo posible menor a 1 dS/m (deciSiemens por metro) (Barbaro, Karlanian, & Mata, 2014).

La reacción del suelo es la característica que define el grado de acidez o alcalinidad que presenta y se expresa por medio del pH. La escala de pH va de 0 a 14. Esta característica es una de las más importantes ya que muchos procesos están condicionados por el pH; por ejemplo, actividad microbiana, tasa de descomposición de la materia orgánica, toxicidad de algunos elementos y disponibilidad de nutrientes (Llambí, 2012).

La textura es considerada como una de las propiedades más importantes, afecta a muchos usos de suelo y no puede cambiarse a menos que se incurra en grandes costos y esfuerzos; siendo independiente de la cantidad de materia orgánica. Tiene influencia en muchos procesos físicos, químicos y biológicos y en propiedades como la capacidad de retención de agua, el movimiento de agua a través del suelo, la resistencia del suelo, la fertilidad natural y la facilidad con la que contaminantes pueden moverse (lixiviarse) hasta las aguas subterráneas. La textura se refiere al tamaño de las partículas menores de 2 mm que constituyen el suelo. Estos tamaños corresponden a arenas (2 a 0.02 mm), limos (0.02 a 0.002 mm), y arcillas (< a 0.002 mm) (Llambí, 2012).

## **6. MATERIALES Y MÉTODOS**

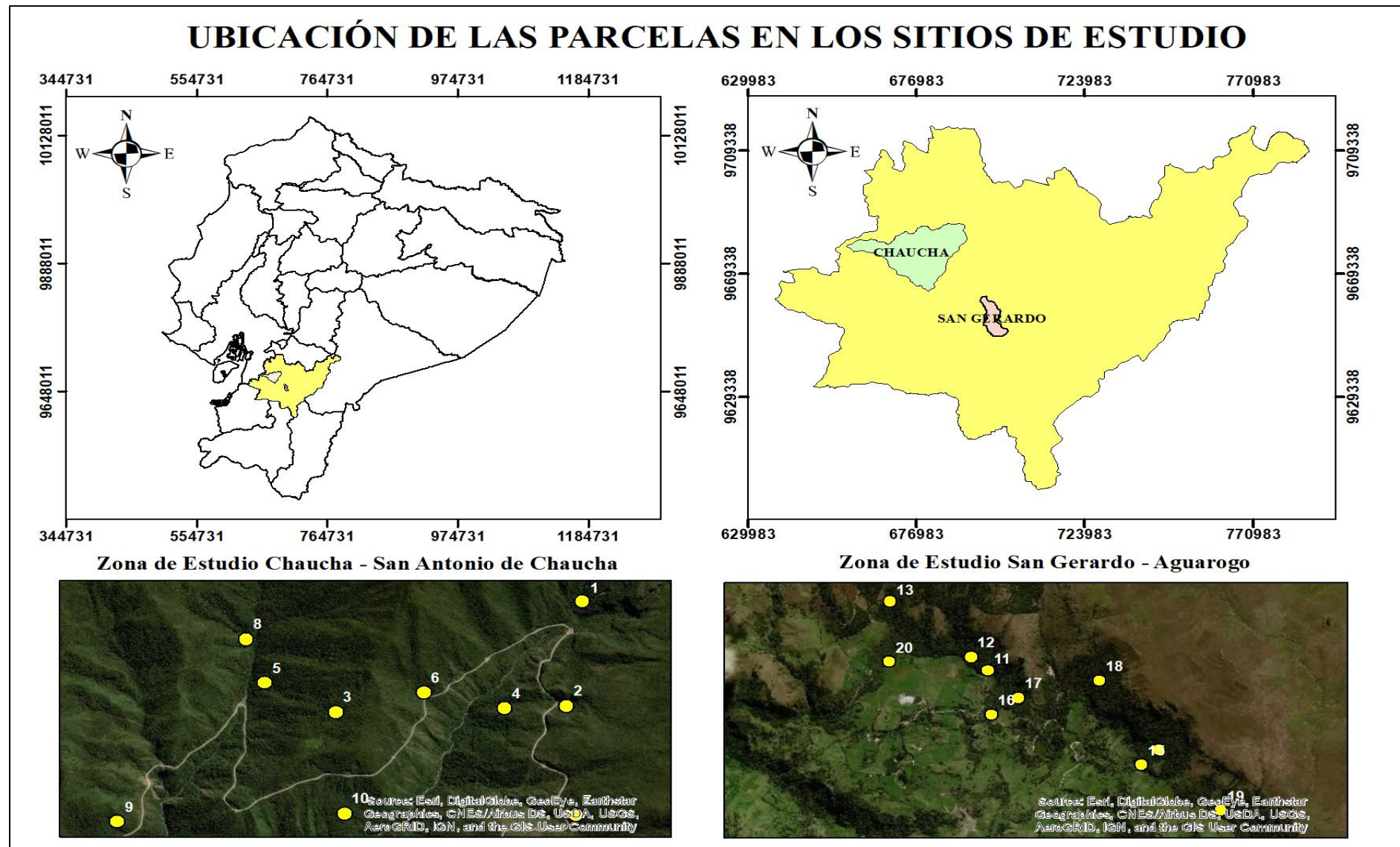
### **6.1 Materiales y equipos**

Se utilizaron los siguientes materiales para la evaluación de las parcelas experimentales: cinta métrica, machete y piolas fueron usadas para la delimitación y establecimiento de parcelas, mientras que para la estimación del DAP se utilizó cintas diamétrica, martillo, clavos y placas; para la recolección de muestras se usaron tijeras de podar, podadoras manuales, fundas plásticas y hojas de campo para la toma de datos, además de periódico, cartón prensas botánicas y un horno para el secado de las muestras prensadas y su posterior identificación.

También se utilizaron los siguientes equipos: brújula, GPS, altímetro, clinómetro que nos permitió determinar las coordenadas, altitud y la pendiente de los sitios de estudio.

### **6.2 Área de estudio**

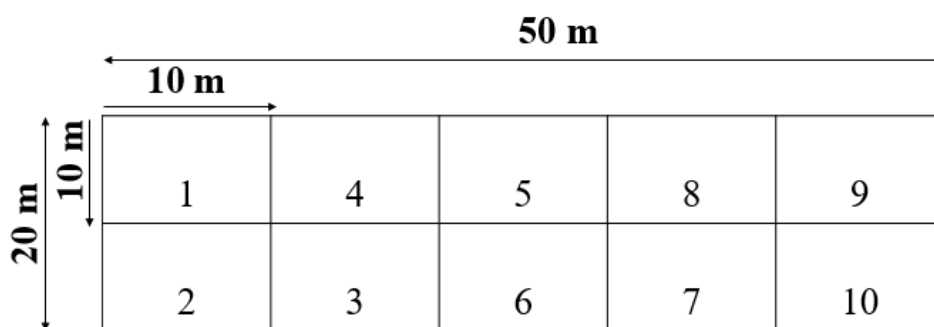
El área de estudio está localizada en los Andes Sur del Ecuador, provincia del Azuay, en los remanentes de bosques maduros nativos dentro de la Reserva de la Biosfera Macizo del Cajas. En la parte más alta, los remanentes de bosques estudiados llegan hasta los 3800 m s.n.m. en la Parroquia San Gerardo del Cantón Girón; y en la parte baja en 2000 m s.n.m. en la Parroquia Chaucha del Cantón Cuenca (Figura 1). Todos estos remanentes están dentro de la vertiente occidental de la cordillera de los Andes. Ecológicamente el área de estudio está dentro de dos formaciones vegetales: a) Bosque siempre verde de montano y montano alto. Al área de estudio se la dividió en dos pisos altitudinales: 1) entre 2000 a 3000 m s.n.m. – Chaucha y 2) sitios mayores 3000 msnm – San Gerardo.



**Figura 1.** Mapa de la ubicación de las parcelas de los sitios de estudio de Chaucha 2000 a 3000 msnm y San Gerardo > 3000 msnm.

### 6.3 Establecimiento de parcelas

Se instalaron 20 parcelas en los 2 pisos altitudinales, es decir 10 parcelas en Chaucha y 10 parcelas en San Gerardo. Para ello se realizaron recorridos *in situ*, para identificar los remanentes de bosques maduros más adecuados para realizar la investigación. Cada remanente de bosque seleccionado tuvo al menos dos hectáreas de superficie; se evitó el efecto de borde para que los límites de la parcela estén al menos en unos 100 m dentro del parche; aquí se instaló una parcela de 1000 m<sup>2</sup> (50 m × 20 m) y se la dividió en 10 subparcelas (10 m × 10 m) para facilitar la toma de datos ( Figura 2). Se consideró una distancia mínima de 300 m entre parcelas para tener independencia en los datos que fueron tomados.



**Figura 2.** Diseño de la parcela experimental.

### 6.4 Muestreo y toma de datos

Una vez establecidas las parcelas se tomaron datos de DAP de todos los individuos leñosos con DAP (diámetro a altura de 1,3 m sobre el nivel del suelo - cm)  $\geq 5$  cm y  $\geq 10$  cm de DAP; también se consideraron palmas y helechos arbóreos. Se recolectaron muestras botánicas de cada una de las especies para su posterior identificación que fue llevada a cabo en el herbario Azuay.





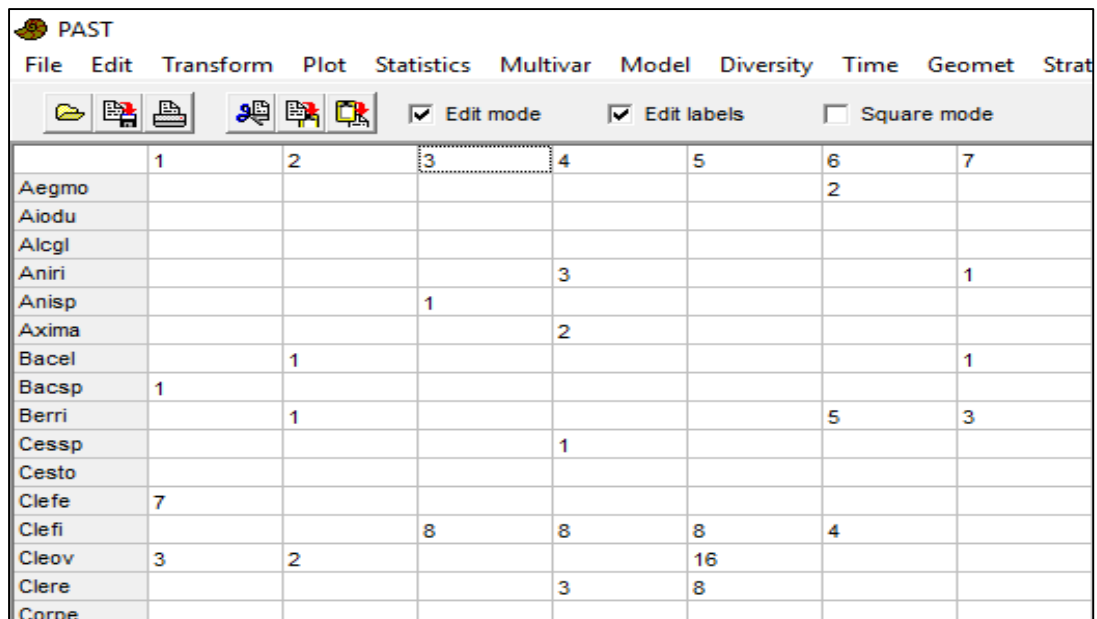
### **6.5 Metodología para desarrollar el objetivo uno:** *“Cuantificar variables de la vegetación según la: composición florística, diversidad y densidad en bosques andinos del macizo del Cajas dentro de dos pisos altitudinales”*

La composición florística se determinó mediante las especies registradas e identificadas en cada parcela. La diversidad fue descrita mediante las variables de riqueza de especies e índice de diversidad alfa según Shannon y Simpson; la riqueza hace referencia al número de especies registradas en cada parcela. Los índices fueron calculados mediante el uso de la composición florística y su abundancia. Para ello se diseñaron bases de datos colocando en las filas las especies y en las columnas las parcelas. Los valores de cada campo o registro se refieren a la abundancia de las especies. Esta información fue analizada en el programa estadístico Past (Hammer, Harper, & Ryan, 2001) (Figura 3).

También se realizó un análisis de distribución para la densidad y el área basal de los biotipos leñosos según clases diamétricas.

La densidad de especies fue expresada en número de individuos por hectárea (Ind/ha); fue considerada a nivel de parcela en donde se tomó en cuenta la sumatoria de todos los individuos registrados de todas las especies.





	1	2	3	4	5	6	7
Aegmo						2	
Aiodu							
Alcgl							
Aniri				3			1
Anisp			1				
Axima				2			
Bacel		1					1
Bacsp	1						
Berri		1				5	3
Cessp				1			
Cesto							
Clefe	7						
Clefi			8	8	8	4	
Cleov	3	2			16		
Clere				3	8		
Corpe							

**Figura 3.** Programa estadístico PAST para análisis de datos donde las filas representan las especies y en las columnas las parcelas.

**6.6 Metodología para desarrollar el objetivo dos:** “Describir las variables ambientales de precipitación, temperatura, pendiente, altitud, densidad aparente, materia orgánica, pH, textura y conductividad eléctrica en los bosques andinos del macizo del Cajas, dentro de dos pisos altitudinales.”

#### 6.6.1 Precipitación y Temperatura

Las variables ambientales de clima precipitación y temperatura fueron obtenidas de la base mundial Worldclim que registra datos históricos de 50 años. La resolución espacial fue de 1 km<sup>2</sup>. Para ello se utilizaron las coordenadas centrales de cada parcela y se empleó el programa SIG – Gvsig.

#### 6.6.2 Altitud y Pendiente

La altitud y pendiente fueron medidos directamente en cada parcela, utilizando un altímetro y clinómetro.

Por otro lado, las variables de suelos se las obtuvo mediante muestreo a dos profundidades a

los 15 cm y 30 cm debajo del suelo. Aquí se tomó una muestra compuesta proveniente de tres submuestras por cada parcela y luego fueron analizadas en el laboratorio de suelos de la Facultad de Ciencias Agropecuarias: a continuación, se describen cada variable de suelos:

### 6.6.3 Densidad aparente

Para la densidad aparente se tomaron tres muestras en tres sitios de la parcela usando cilindros kopecky en dos profundidades, tanto a los 15 como a los 30 cm. Para determinar este parámetro físico del suelo las muestras fueron secadas a 105°C por 24 horas; transcurrido este tiempo se pesó la muestra y el anillo, y se obtuvo un promedio entre las tres muestras. La densidad aparente se obtuvo mediante la siguiente fórmula:

$$Da = \frac{(\text{peso seco de la muestra} + \text{anillo}) - (\text{peso del anillo})}{\text{Volumen del anillo}}$$

### 6.6.4 Materia Orgánica

En cuanto a materia orgánica, en muestras provenientes de dos profundidades, a los 15 cm y 30 cm debajo del suelo. Cada muestra compuesta fue de 200 gramos proveniente de cinco submuestras que fueron tomadas al azar dentro de cada parcela; luego fueron llevadas al laboratorio en donde se aplicó el método de incineración. Aquí la materia orgánica se la determinó mediante la siguiente fórmula:

$$MO = \frac{(A - B)}{A} * 100$$

Dónde:

MO= materia orgánica (%)

A= peso verde (g)

B= peso calcinado (360°C)



100= para convertir a %

### **6.6.5 pH**

Para el pH que es una medida de acidez o alcalinidad de una solución; se lo calculó mediante de potenciometría en una relación suelo agua de 2:5, es decir, por cada 20 g de suelo se usó 50 ml de agua destilada. Las muestras se agitaron por 15 minutos con una varilla. Se colocó en un embudo el papel filtro y posterior a ello la solución; se filtró hasta obtener 10 a 15 ml. Finalmente las muestras fueron medidas con el potenciómetro (pHmetro).

### **6.6.6 Textura**

La textura del suelo se la realizó mediante el método de Bouyoucos, con el uso del hidrómetro, mismo que se basa en la valoración de los porcentajes de arena, limo y arcilla mediante la separación de partículas de acuerdo a su diámetro. Este método consistió en tamizar la muestra de suelo en tamiz #10 (2 mm). Luego se secó a 105°C por 24 horas; se pesó 20 g de suelo y se colocó en un vaso con agua, se añadió 20 ml de hexametáfosfato de sodio, el cual fue utilizado para dispersar las partículas; luego se agitó en la batidora de suelos durante 20 minutos, se lavó las muestras en tamiz de 63 µm. Posterior a ello se colocaron las muestras en el set hidrómetro y se tomaron datos en diferentes tiempos: 50 segundos, 5 minutos, 2 horas, 16 horas y a las 24 horas.

### **6.6.7 Conductividad Eléctrica**

Para la conductividad eléctrica (C.E) que indica la cantidad de sales presentes en una solución. Se realizó mediante el conductímetro relación 1:5, es decir, por cada 10 g de suelo se usó 50 ml de agua destilada. Para este análisis las muestras fueron agitadas con una varilla durante 15 minutos; se colocó en un embudo papel filtro y luego la solución; se filtró hasta obtener 10 a 15 ml y se midió la C.E por medio del conductímetro.

**6.7 Metodología para desarrollar el objetivo tres:** *“Establecer relaciones entre variables de la vegetación con variables ambientales en bosques andinos del macizo del Cajas, dentro de dos pisos altitudinales”*

Se tomaron los datos de las variables medidas en el objetivo uno y dos. Para determinar la relación de la composición con las variables ambientales se realizó un análisis de componentes principales el mismo que permitió relacionar que variables de ambientales están mayormente relacionadas con las parcelas existentes en cada piso altitudinal.

Se investigaron correlaciones entre los datos obtenidos en cada parcela para las variables de riqueza, diversidad alfa según Shannon y Simpson y densidad de la vegetación, con las variables ambientales de: temperatura, precipitación, altitud, pendiente, densidad aparente, materia orgánica, textura y conductividad eléctrica.

**6.8 Diseño Experimental**

Se aplicó un diseño completamente al azar en donde los pisos altitudinales fueron considerados como tratamientos y las parcelas dentro de cada piso como las repeticiones.

La composición florística se comparó entre los dos pisos altitudinales mediante ordenación espacial o escalamiento multidimensional no métrico NMS. Se validó la composición entre los dos sitios mediante un análisis de similitudes ANOSIM ( $P < 0,05$ ) que permitió determinar si la composición es diferente estadísticamente entre los dos pisos altitudinales.

Con respecto a los datos de riqueza, índices de diversidad alfa de Shannon y Simpson y la abundancia, fueron analizados mediante pruebas de medias y comparados entre los dos pisos altitudinales. Para ello, se utilizaron métodos paramétricos o no, se comprobó la normalidad mediante la prueba de Shapiro Wills y homogeneidad de la varianza mediante la distribución de los residuos versus los predichos en el conjunto de datos levantados en las parcelas. Para



aquellos datos que tenían normalidad, pero no homogeneidad se corrigió la normalidad mediante el método de homocedasticidad VarIdent como lo sugiere (Balzarini et al., 2008). Para los datos normales se realizó un análisis de varianza y para los no paramétricos la prueba de Kruskal - Wallis con ( $P < 0,05$ ). Las parcelas fueron las repeticiones en cada piso altitudinal. Las especies exclusivas y compartidas fueron descritas mediante un gráfico de Venn.

## 7. RESULTADOS

### 7.1 Cuantificación de las variables según la composición florística, diversidad y densidad.

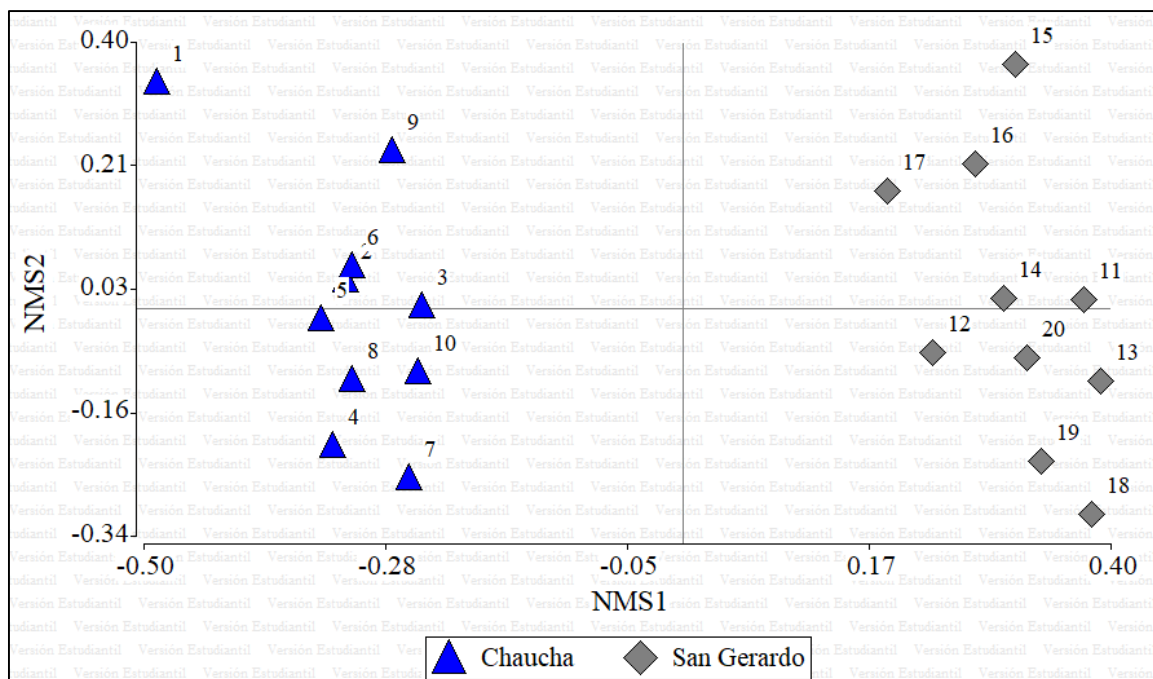
#### *Composición florística*

Considerando los individuos leñosos con  $DAP \geq 5 \text{ cm}$ , se registraron 45 familias botánicas, 75 géneros y 133 especies en toda el área de estudio. De estas 41 corresponden a especies raras ya que se encontraron en una sola parcela y 19 especies presentaron un solo individuo por parcela. En la localidad de Chaucha se registró el mayor número de familias, géneros y especies (Tabla 1).

**Tabla 1.** Número de familias, géneros y especies totales registradas en los sitios de estudio, en biotipos leñosos con  $DAP \geq 5 \text{ cm}$ .

Localidad	Número de familias	Número de géneros	Número de especies
Chaucha	35	56	87
San Gerardo	31	44	74

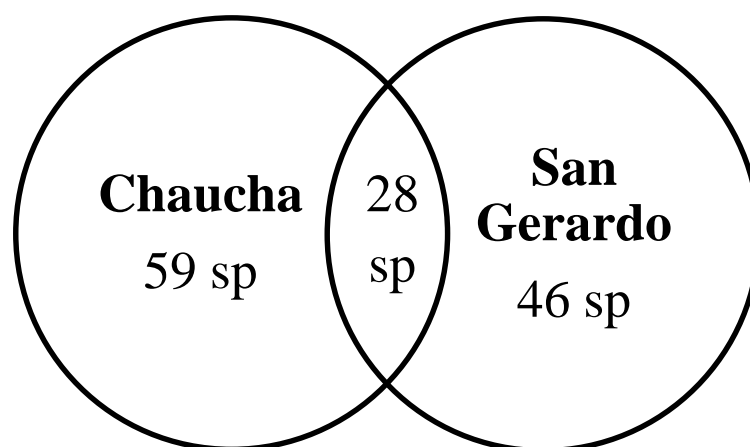
La ordenación espacial de las parcelas de los dos sitios de estudio de Chaucha y San Gerardo basada en la composición florística y su abundancia, presentó disimilitud o diferencia de especies según el NMS (Escalamiento multidimensional no métrico) (Figura 4). Esto se puede observar en el primer eje, mediante la agrupación hacia la derecha de las parcelas ubicadas en San Gerardo y a la izquierda las de Chaucha. Esta ordenación fue validada mediante el análisis de similitud que demostró diferencias estadísticas en la composición de especies entre los sitios de estudio (ANOSIM;  $P = 0,001$ ).



**Figura 4.** Escalamiento multidimensional no métrico (Bray-Curtis) para medición de similitud en la composición florística en los dos sitios de estudio Chaucha y San Gerardo en parcelas de 1000 m<sup>2</sup>, en árboles con DAP  $\geq 5$  cm en bosques andinos del macizo del Cajas Azuay.

**Especies exclusivas y compartidas entre los dos sitios de investigación.**

En Chaucha se registró un mayor número (59) de especies, a diferencia de San Gerardo que presentó el menor número (46) de especies, encontrándose (28) especies compartidas entre los dos sitios de investigación (Figura 5).



**Figura 5.** Diagrama de especies exclusivas y compartidas entre los dos sitios de investigación.

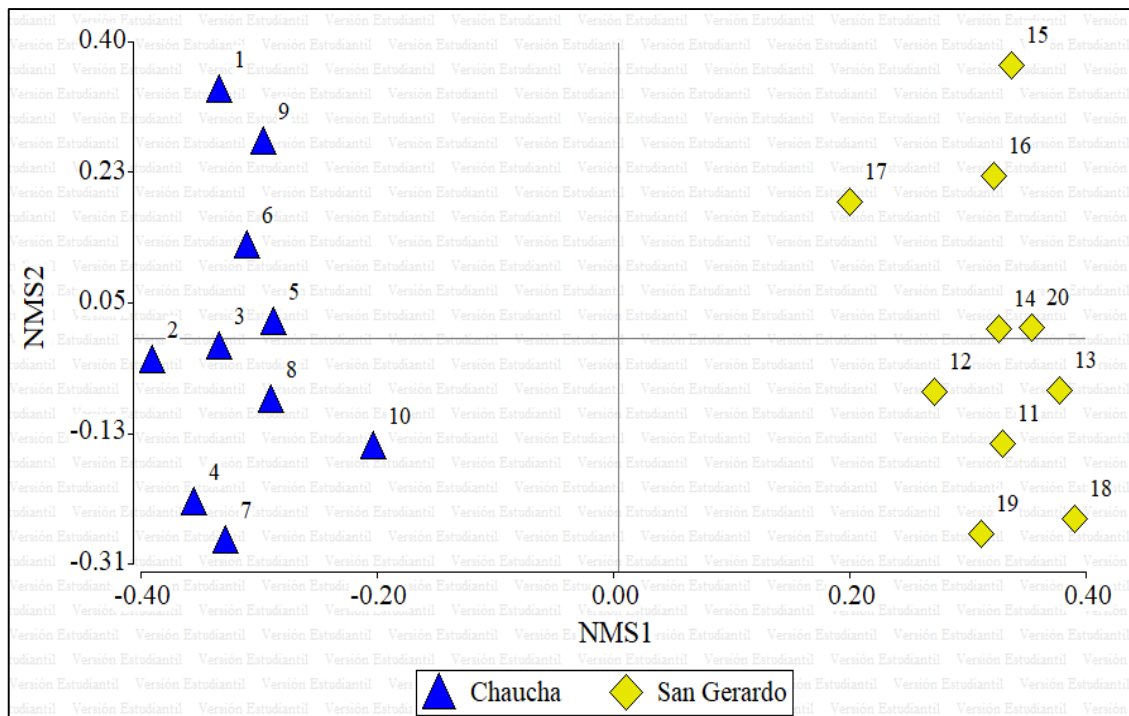
Considerando los individuos leñosos con  $DAP \geq 10$  cm, se registraron 42 familias botánicas, 67 géneros y 115 especies en toda el área de estudio. De estas 37 corresponden a especies raras que se encontraron en una sola parcela y 23 especies presentaron un solo individuo por parcela. En la localidad de Chaucha se registraron los mayores números de familias, géneros y especies (Tabla 2).

**Tabla 2.** Número de familias, géneros y especies totales registradas en los sitios de estudio, en biotipos leñosos con  $DAP \geq 10$  cm.

Localidad	Número de familias	Número de géneros	Número de especies
Chaucha	35	52	73
San Gerardo	26	37	63

La ordenación espacial de las parcelas de los dos sitios de estudio basada en la composición florística y su abundancia presentó disimilitud o diferencia de especies según el NMS (Escalamiento multidimensional no métrico) (Figura 6). Esto se puede observar en el primer eje, mediante la agrupación hacia la derecha de las parcelas ubicadas en San Gerardo y a la izquierda las de Chaucha. Esta ordenación fue validada mediante el análisis de similitud que demostró diferencias estadísticas en la composición de especies entre los sitios de investigación (ANOSIM;  $P = 0.001$ ).

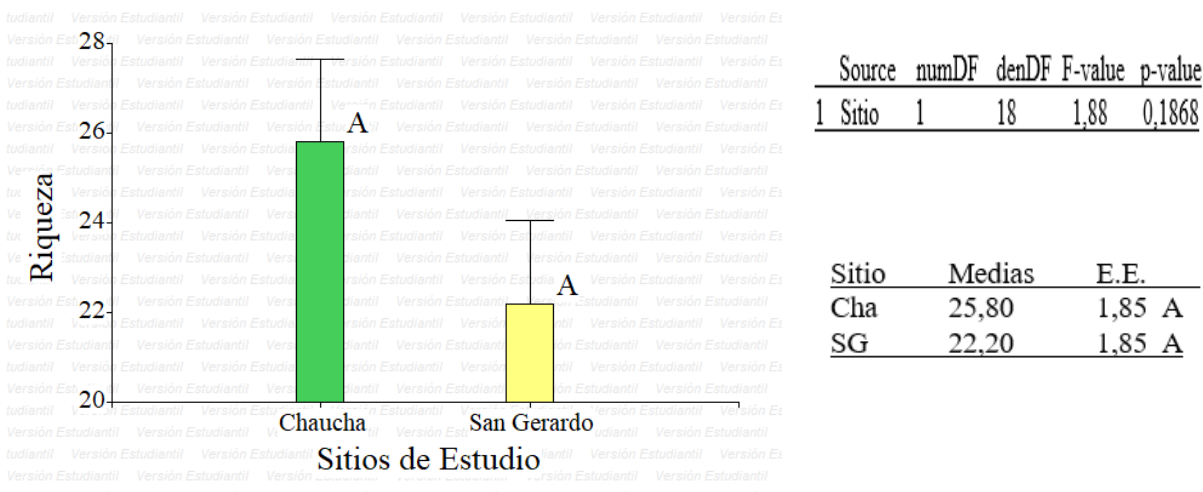




**Figura 6.** Escalamiento multidimensional no métrico (Bray-Curtis) para medición de similitud en la composición florística en los dos sitios de estudio Chaucha y San Gerardo en parcelas de 1000m<sup>2</sup>, en árboles con DAP  $\geq 10$  cm en bosques andinos del macizo del Cajas Azuay.

**Diversidad florística**

La riqueza promedio de especies dentro de los biotipos leñosos con **DAP  $\geq 5$ cm** no fue estadísticamente diferente entre los dos sitios de estudio. Sin embargo, en Chaucha o sitio de menor altitud se registraron los mayores valores (Figura 7).



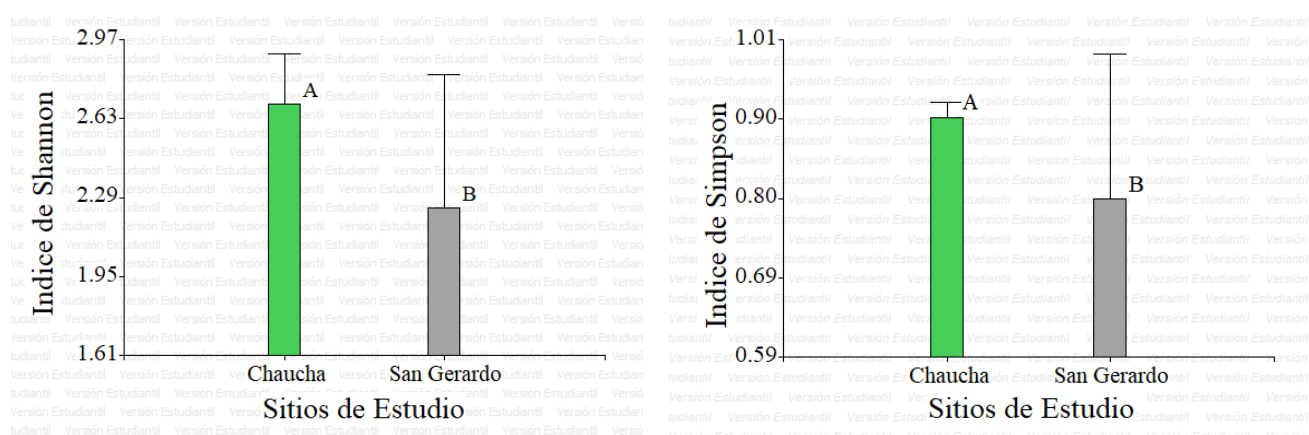
**Figura 7.** Promedio de riqueza de especies  $\pm$  error estándar en biotipos leñosos con DAP  $\geq 5$  cm registrados en 20 parcelas de 1000 m<sup>2</sup> en bosques andinos del Macizo del Cajas. Letras distintas indican diferencias significativas.

Los datos de los índices de diversidad de Shannon y Simpson no presentaron normalidad. Para el caso del índice de Shannon en el sitio de estudio de Chaucha donde se presentó mayores valores ( $2.70 \pm 0.21$ ) en comparación con el sitio de San Gerardo ( $2.25 \pm 0.5$ ) con una diferencia estadística significativa entre los sitios ( $p=0.0126$ ) (Figura 8).

En cuanto al índice de Simpson se dio de la misma manera donde el mayor valor se presentó en Chaucha ( $0.90 \pm 0.02$ ) en comparación con el sitio de San Gerardo ( $0.80 \pm 0.19$ ) cuya variación fue estadísticamente significativa ( $p=0.0052$ ) (Figura 8).

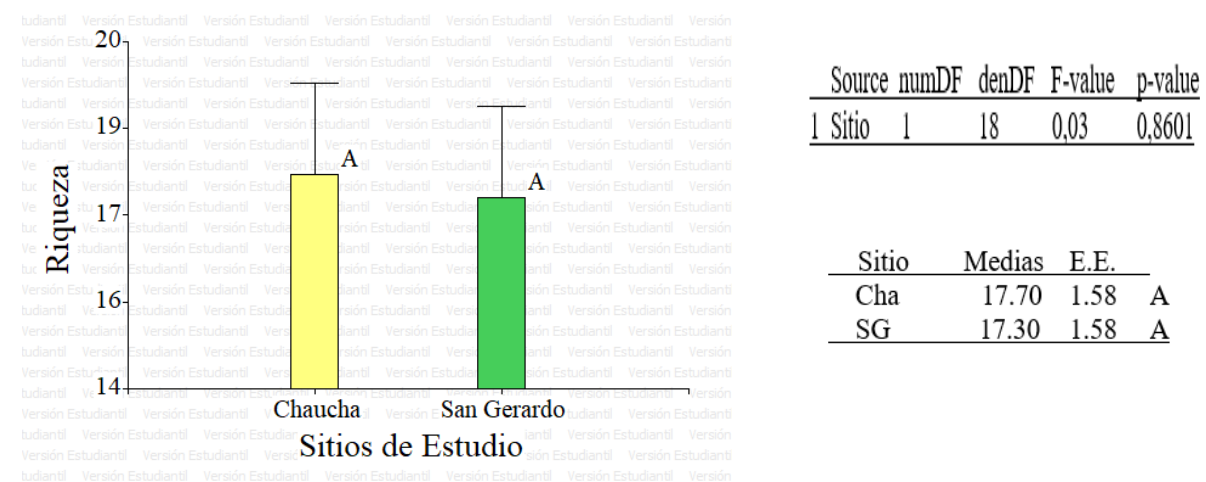
a) Índice de Shannon en biotipos leñosos  
con  $DAP \geq 5cm$

b) Índice de Simpson en biotipos leñosos con  
 $DAP \geq 5cm$



**Figura 8.** Medias ( $\pm$  desviación estándar) para los índices de diversidad alfa de Shannon Simpson los dos sitios estudiados. Letras diferentes indican diferencias significativas.

La riqueza promedio de especies dentro de los biotipos leñosos con  $DAP \geq 10cm$  no fue estadísticamente diferente entre los dos sitios de estudio. No obstante, en Chaucha o sitio de estudio de menor altitud se registró los mayores valores (Figura 9).



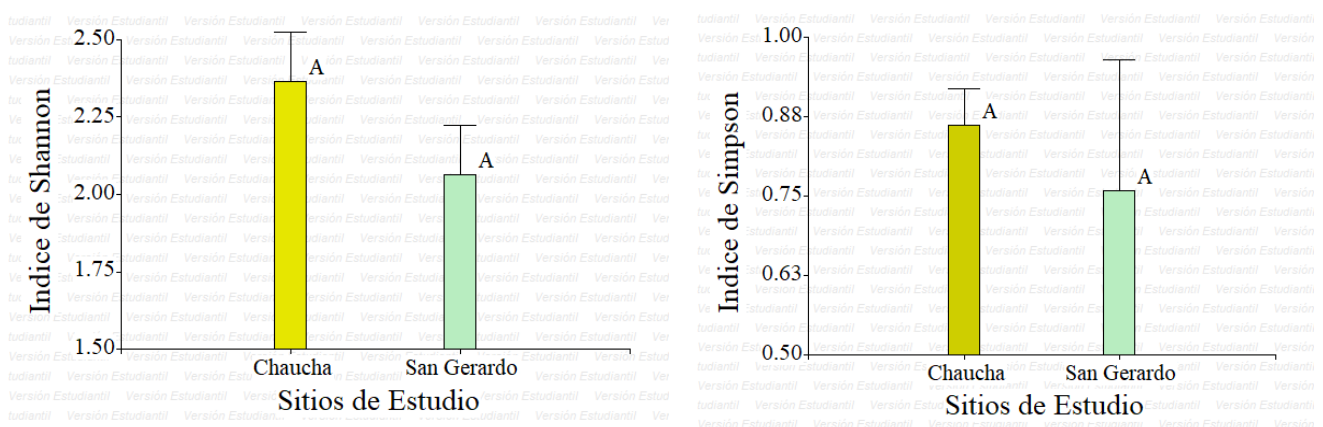
**Figura 9.** Promedio de riqueza de especies  $\pm$  error estándar en biotipos leñosos con  $DAP \geq 10$  cm registrados en 20 parcelas de 1000 m<sup>2</sup> en bosques andinos del Macizo del Cajas. Letras distintas indican diferencias significativas.

Los datos de los índices de diversidad alfa de Shannon presentaron normalidad; registrando los mayores valores en el sitio de Chaucha ( $2.37 \pm 0.16$ ) en comparación a San Gerardo ( $2.06 \pm 0.16$ ) sin presentar diferencias significativas ( $p=0.1994$ ) entre los sitios de estudio (Figura 10).

El índice de Simpson no presentó normalidad; registrando los mayores valores en el sitio de Chaucha ( $0.86 \pm 0.06$ ) en comparación a San Gerardo ( $0.76 \pm 0.21$ ) sin presentar diferencias estadísticas ( $p=0.0696$ ) entre los sitios de estudio (Figura 10).

a) Índice de Shannon en biotipos leñosos con  $DAP \geq 10$  cm

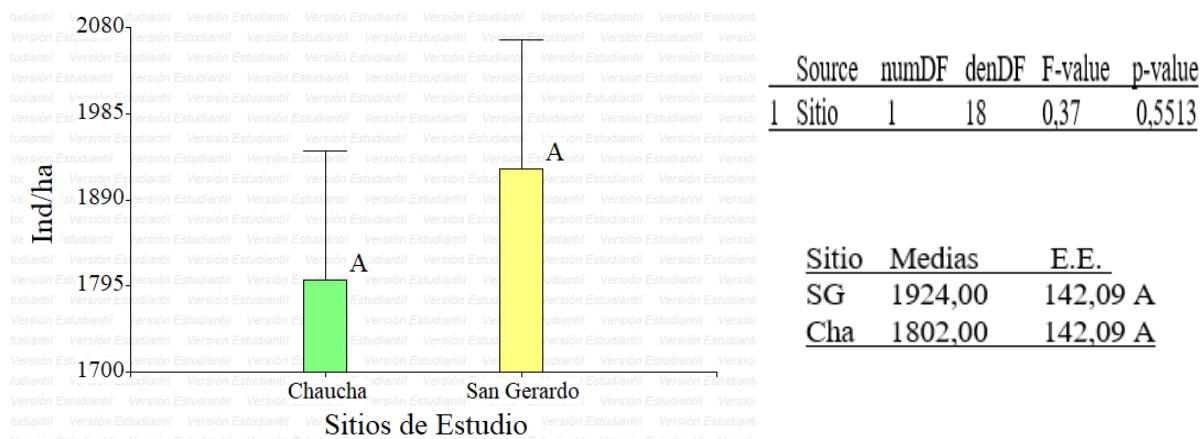
b) Índice de Simpson en biotipos leñosos con  $DAP \geq 10$  cm.



**Figura 10.** Medias ( $\pm$  desviación estándar/ error estándar) para los índices de diversidad alfa de Shannon y Simpson en biotipos leñosos con  $DAP \geq 10$  cm, de los dos sitios de estudio. Letras diferentes indican diferencias significativas.

## Densidad

La densidad (Ind/ha) para biotopos leñosos con  $DAP \geq 5$  cm no mostró diferencias significativas ( $P = 0,5513$ ) entre los dos sitios de estudio. Sin embargo, los mayores valores descriptivos se registraron en San Gerardo (Figura 11).



**Figura 11.** Promedio en densidad (Ind/ha) de especies  $\pm$  error estándar en biotopos leñosos con  $DAP \geq 5$  cm registrados en 20 parcelas de 1000 m<sup>2</sup> en bosques andinos del Macizo del Cajas. Letras distintas indican diferencias significativas.

Las especies más abundantes en Chaucha fueron *Myrciantes rhopaloides* (217 Ind/ha), *Clusia alata* (162 Ind/ha), *Hedyosmum scabrum* (103 Ind/ha) y *Oreopanax rosei* (103 Ind/ha). En San Gerardo las más abundantes fueron *Hedyosmum luteynii* (287 Ind/ha), *Hedyosmum cumbalense* (256 Ind/ha), *Oreopanax rosei* (133 Ind/ha) y *Viburnum triphyllum* (126 Ind/ha).

**Tabla 3.** Especies, familias y número de individuos (abundancia) registrados en los sitios de estudio Chaucha y San Gerardo, en biotopos leñosos con  $DAP \geq 5$  cm.

Nº	Especie	Familia	Chaucha	San Gerardo
1	<i>Acalypha</i> sp.	Euphorbiaceae	2	
2	<i>Aegiphila ferruginea</i>	Lamiaceae	1	
3	<i>Aegiphila integrifolia</i>	Lamiaceae	6	
4	<i>Ageratina pichinchensis</i>	Asteraceae		3
5	<i>Aiouea dubia</i>	Lauraceae	1	
6	<i>Aniba coto</i>	Lauraceae		1
7	<i>Aniba muca</i>	Lauraceae	6	
8	<i>Ardisia</i> sp.	Myrsinaceae	30	
9	<i>Aristeguietia buddleaefolia</i>	Asteraceae	1	

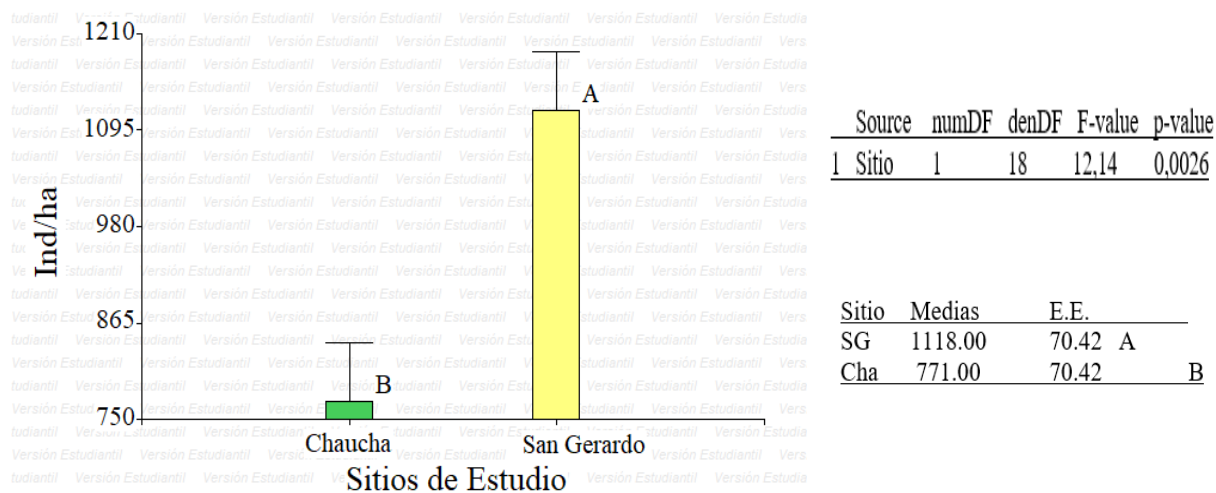
10	<i>Axinaea confusa</i>	Melastomataceae	35	41
11	<i>Axinaea macrophylla</i>	Melastomataceae	2	22
12	<i>Axinaea meriania</i>	Melastomataceae		50
13	<i>Baccharis brachylaenoides</i>	Asteraceae		3
14	<i>Baccharis elaeagnoides</i>	Asteraceae	6	1
15	<i>Baccharis latifolia</i>	Asteraceae	1	
16	<i>Baccharis oblongifolia</i>	Asteraceae	2	4
17	<i>Barnadesia arborea</i>	Asteraceae		6
18	<i>Beilschmiedia sp.</i>	Lauraceae		1
19	<i>Besleria divaricata</i>	Gesneriaceae	2	
20	<i>Byrsonima sp.</i>	Malpighiaceae		2
21	<i>Cavendishia bracteata</i>	Ericaceae	1	
22	<i>Ceroxylon sp.</i>	Liliopsida		1
23	<i>Cestrum sp.</i>	Solanaceae	6	
24	<i>Citharexylum sp.</i>	Verbenaceae	4	
25	<i>Citronella incarum</i>	Cardiopteridaceae	45	
26	<i>Clethra fimbriata</i>	Clethraceae		15
27	<i>Clusia alata</i>	Clusiaceae	162	1
28	<i>Cornus peruviana</i>	Cornaceae	12	
29	<i>Critoniopsis floribunda</i>	Asteraceae	11	
30	<i>Critoniopsis sp.</i>	Asteraceae	28	
31	<i>Critoniopsis huairacajana</i>	Asteraceae	1	1
32	<i>Critoniopsis pycnantha</i>	Asteraceae		3
33	<i>Critoniopsis seviliana</i>	Asteraceae	2	2
34	<i>Critoniopsis sodiroi</i>	Asteraceae	1	16
35	<i>Cupania sp.</i>	Sapindaceae	23	
36	<i>Cybianthus marginatus</i>	Primulaceae		13
37	<i>Cybianthus punctatus</i>	Primulaceae		16
38	<i>Delostoma integrifolium</i>	Bignoniaceae	28	
39	<i>Dendrophorbium sp.</i>	Asteraceae	6	
40	<i>Dendrophorbium lloense</i>	Asteraceae	4	
41	<i>Dendrophorbium tipocochensis</i>	Asteraceae	3	33
42	<i>Disterigma alaternoides</i>	Ericaceae	6	
43	<i>Endlicheria formosa</i>	Lauraceae	1	
44	<i>Escallonia myrtilloides</i>	Escalloniaceae		21
45	<i>Eugenia sp.</i>	Myrtaceae		5
46	<i>Ferreyranthus verbascifolius</i>	Asteraceae	8	
47	<i>Ficus dulciaria</i>	Moraceae	1	
48	<i>Fuchsia ayavacensis</i>	Onagraceae		1
49	<i>Gaiadendron punctatum</i>	Loranthaceae		7
50	<i>Gaultheria erecta</i>	Ericaceae	3	
51	<i>Geissanthus vanderwerffii pipoly</i>	Primulaceae	4	



52	<i>Geissanthus andinus</i>	Primulaceae	1	1
53	<i>Gynoxys azuayensis</i>	Asteraceae	93	16
54	<i>Gynoxys sp.</i>	Asteraceae	56	
55	<i>Gynoxys baccharoides</i>	Asteraceae		2
56	<i>Gynoxys laurifolia</i>	Asteraceae		7
57	<i>Gynoxys rimbachii</i>	Asteraceae		3
58	<i>Hedyosmum sp.</i>	Chloranthaceae	5	75
59	<i>Hedyosmum cumbalense</i>	Chloranthaceae		256
60	<i>Hedyosmum goudotianum</i>	Chloranthaceae		92
61	<i>Hedyosmum luteynii</i>	Chloranthaceae	9	287
62	<i>Hedyosmum scabrum</i>	Chloranthaceae	103	11
63	<i>Hesperomeles ferruginea</i>	Asteraceae		1
64	<i>Hesperomeles obtusifolia</i>	Rosaceae	11	
65	<i>Ilex andicola</i>	Aquifoliaceae		2
66	<i>Ilex myricoides</i>	Aquifoliaceae		21
67	<i>Lauracea sp.</i>	Lauraceae	3	
68	<i>Lepechinia heteromorpha</i>	Lamiaceae		15
69	<i>Liabum sp.</i>	Asteraceae	13	17
70	<i>Lycianthes sp.</i>	Solanaceae		2
71	<i>Macleania rupestris</i>	Ericaceae	16	6
72	<i>Macrocarpaea sp.</i>	Gentianaceae	8	
73	<i>Markea sp.</i>	Solanaceae	13	
74	<i>Maytenus sp.</i>	Celastraceae		4
75	<i>Maytenus verticillata</i>	Celastraceae	93	2
76	<i>Meliosma sp.</i>	Sabiaceae	71	
77	<i>Meliosma arenosa</i>	Sabiaceae	1	
78	<i>Meriania sp.</i>	Melastomataceae	15	
79	<i>Meriania tomentosa</i>	Melastomataceae	77	
80	<i>Miconia sp.</i>	Melastomataceae	50	26
81	<i>Miconia crocea</i>	Melastomataceae	1	
82	<i>Miconia ligustrina</i>	Melastomataceae		4
83	<i>Miconia salicifolia</i>	Melastomataceae		5
84	<i>Monnina hirta</i>	Polygalaceae		42
85	<i>Monnina cestrifolia</i>	Polygalaceae	1	
86	<i>Monnina pilosa</i>	Polygalaceae	2	
87	<i>Myrcianthes discol</i>	Myrtaceae		2
88	<i>Myrcianthes rhopaloides</i>	Myrtaceae	217	3
89	<i>Myrsine coriacea</i>	Myrsinaceae	19	1
90	<i>Myrsine depends</i>	Myrsinaceae		3
91	<i>Myrsine andina</i>	Myrsinaceae	5	11
92	<i>Ocotea infrafoveolata</i>	Lauraceae		4
93	<i>Oreocallis grandiflora</i>	Proteaceae	8	

94	<i>Oreopanax andreanum</i>	Araliaceae		31
95	<i>Oreopanax avicenniaefolium</i>	Araliaceae		67
96	<i>Oreopanax rosei</i>	Araliaceae	103	133
97	<i>Palicourea amethystina</i>	Rubiaceae	7	
98	<i>Palicourea heterochroma</i>	Rubiaceae	3	
99	<i>Panopsis ferruginea</i>	Proteaceae	1	
100	<i>Panopsis polystachya</i>	Proteaceae		17
101	<i>Pentacalia sp.</i>	Asteraceae	21	
102	<i>Pentacalia andicola</i>	Asteraceae	2	
103	<i>Persea brevipes</i>	Lauraceae	28	
104	<i>Phenax hirtus</i>	Urticaceae	31	
105	<i>Piper andreanum</i>	Piperaceae	22	87
106	<i>Polylepis incana</i>	Rosaceae	24	
107	<i>Prumnopitys montana</i>	Podocarpaceae		2
108	<i>Roupala pachypoda</i>	Proteaceae	9	
109	<i>Roupala sp.</i>	Proteaceae	18	
110	<i>Roupala dolichopoda</i>	Proteaceae	15	
111	<i>Saurauia bullosa</i>	Actinidiaceae	23	1
112	<i>Saurauia tomentosa</i>	Actinidiaceae	1	
113	<i>Siparuna muricata</i>	Monimiaceae	10	
114	<i>Solanum sp.</i>	Solanaceae	8	2
115	<i>Solanum torvum</i>	Solanaceae	3	
116	<i>Solanum asperolanatum</i>	Solanaceae		2
117	<i>Solanum barbatulum</i>	Solanaceae	26	
118	<i>Solanum cutervanum</i>	Solanaceae		3
119	<i>Solanum goniocaulon</i>	Solanaceae		48
120	<i>Solanum hypacarthrum</i>	Solanaceae	15	
121	<i>Symplocos bogotensis</i>	Symplocaceae		37
122	<i>Symplocos canescens</i>	Symplocaceae		2
123	<i>Symplocos nuda</i>	Symplocaceae	9	
124	<i>Symplocos quitensis</i>	Symplocaceae		35
125	<i>Tournefortia fuliginosa</i>	Boraginaceae	16	
126	<i>Tournefortia scabrida</i>	Boraginaceae	2	29
127	<i>Vallea stipularis</i>	Elaeocarpaceae	37	18
128	<i>Verbesina sp.</i>	Asteraceae	12	
129	<i>Verbesina eggersii</i>	Asteraceae		1
130	<i>Verbesina latisquama</i>	Asteraceae	3	1
131	<i>Viburnum pichinchense</i>	Viburnaceae	1	
132	<i>Viburnum triphyllum</i>	Viburnaceae	6	126
133	<i>Weinmannia fagaroides</i>	Cunoniaceae		92

La densidad (Ind/ha) para biotipos leñosos con  $DAP \geq 10\text{cm}$  presentó diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) entre los dos sitios de estudio con mayores valores para San Gerardo (Figura 12).



**Figura 12.** Promedio en densidad (Ind/ha) de especies  $\pm$  error estándar en biotipos leñosos con  $DAP \geq 10\text{ cm}$  registrados en 20 parcelas de  $1000\text{ m}^2$  en bosques andinos del Macizo del Cajas. Letras distintas indican diferencias significativas.

Las especies más abundantes en Chaucha fueron *Myrcianthes rhopaloides* (128 Ind/ha), *Clusia alata* (98 Ind/ha), *Hedyosmum scabrum* (52 Ind/ha) y *Maytenus verticillata* (43 Ind/ha). Mientras que en San Gerardo las más abundantes fueron *Hedyosmum cumbalense* (179 Ind/ha), *Hedyosmum luteynii* (178 Ind/ha), *Oreopanax rosei* (84 Ind/ha) y *Weinmannia fagaroides* (69 Ind/ha).



**Tabla 4.** Especies, familias y número de individuos registrados en los sitios de estudio Chaucha y San Gerardo, en biotipos leñosos con DAP  $\geq 10$  cm.

Nº	Especie	Familia	Chaucha	San Gerardo
1	<i>Acalypha</i> sp.	Euphorbiaceae	1	
2	<i>Aegiphila integrifolia</i>	Lamiaceae	1	
3	<i>Aiouea dubia</i>	Lauraceae	1	
4	<i>Aniba coto</i>	Lauraceae		1
5	<i>Aniba muca</i>	Lauraceae	4	
6	<i>Ardisia</i> sp.	Myrsinaceae	9	
7	<i>Aristeguietia buddleaeifolia</i>	Asteraceae	1	
8	<i>Axinaea confusa</i>	Melastomataceae	4	11
9	<i>Axinaea macrophylla</i>	Melastomataceae	1	21
10	<i>Axinaea meriania</i>	Melastomataceae		43
11	<i>Baccharis brachylaenoides</i>	Asteraceae		1
12	<i>Baccharis elaeagnoides</i>	Asteraceae	2	
13	<i>Baccharis oblongifolia</i>	Asteraceae		4
14	<i>Barnadesia arborea</i>	Asteraceae		1
15	<i>Besleria divaricata</i>	Gesneriaceae	1	
16	<i>Cavendishia bracteata</i>	Ericaceae	1	
17	<i>Cestrum</i> sp.	Solanaceae	5	
18	<i>Citharexylum</i> sp.	Verbenaceae	3	
19	<i>Citronella incarum</i>	Cardiopteridaceae	17	
20	<i>Clethra fimbriata</i>	Clethraceae		13
21	<i>Clusia alata</i>	Clusiaceae	98	
22	<i>Cornus peruviana</i>	Cornaceae	9	
23	<i>Critoniopsis floribunda</i>	Asteraceae	5	
24	<i>Critoniopsis</i> sp.	Asteraceae	11	
25	<i>Critoniopsis huairacajana</i>	Asteraceae		1
26	<i>Critoniopsis pycnantha</i>	Asteraceae		1
27	<i>Critoniopsis seviliana</i>	Asteraceae	1	2
28	<i>Critoniopsis sodiroi</i>	Asteraceae		10
29	<i>Cupania</i> sp.	Sapindaceae	14	
30	<i>Cybianthus marginatus</i>	Primulaceae		8
31	<i>Cybianthus punctatus</i>	Primulaceae		13
32	<i>Delostoma integrifolium</i>	Bignoniaceae	23	
33	<i>Dendrophorbium</i> sp.	Asteraceae	2	
34	<i>Dendrophorbium lloense</i>	Asteraceae	1	
35	<i>Dendrophorbium tipocochensis</i>	Asteraceae	2	15
36	<i>Escallonia myrtilloides</i>	Escalloniaceae		12
37	<i>Eugenia</i> sp.	Myrtaceae		1
38	<i>Ferreyranthus verbascifolius</i>	Asteraceae	3	

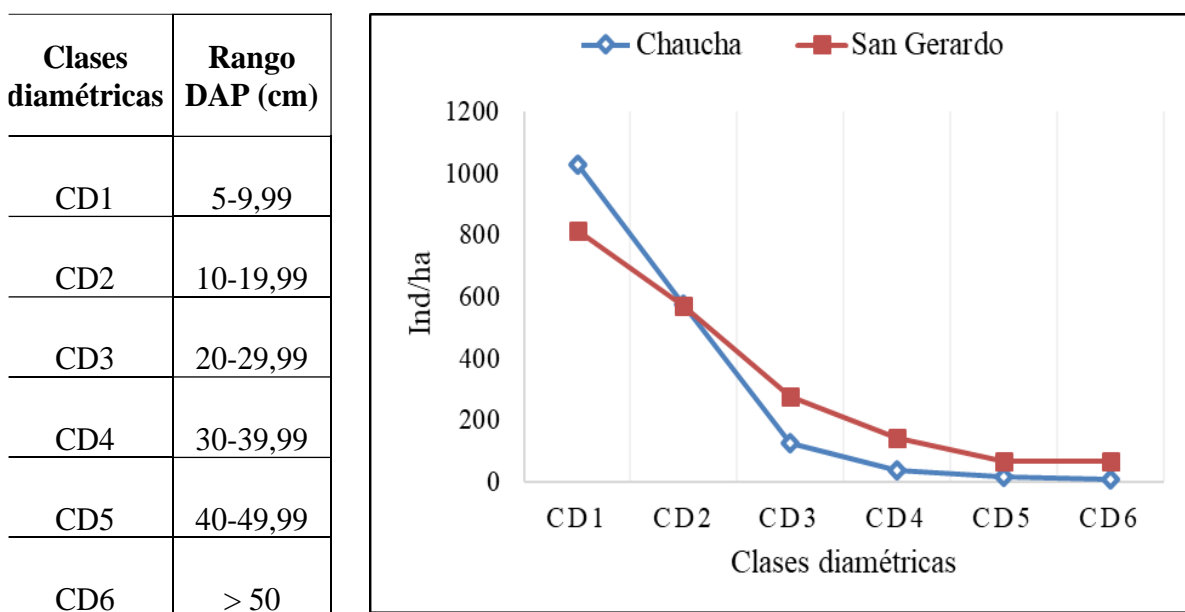


39	<i>Ficus dulciaria</i>	Moraceae	1	
40	<i>Fuchsia ayavacensis</i>	Onagraceae		1
41	<i>Gaiadendron punctatum</i>	Loranthaceae		7
42	<i>Geissanthus vanderwerffii</i>	Primulaceae	2	
43	<i>Geissanthus andinus</i>	Primulaceae	1	1
44	<i>Gynoxys azuayensis</i>	Asteraceae	30	10
45	<i>Gynoxys sp.</i>	Asteraceae	21	
46	<i>Gynoxys baccharoides</i>	Asteraceae		2
47	<i>Gynoxys laurifolia</i>	Asteraceae		7
48	<i>Gynoxys rimbachii</i>	Asteraceae		3
49	<i>Hedyosmum sp.</i>	Chloranthaceae	3	57
50	<i>Hedyosmum cumbalense</i>	Chloranthaceae		179
51	<i>Hedyosmum goudotianum</i>	Chloranthaceae		57
52	<i>Hedyosmum luteynii</i>	Chloranthaceae	2	178
53	<i>Hedyosmum scabrum</i>	Chloranthaceae	52	4
54	<i>Hesperomeles ferruginea</i>	Asteraceae		1
55	<i>Hesperomeles obtusifolia</i>	Rosaceae	4	
56	<i>Ilex andicola</i>	Aquifoliaceae		2
57	<i>Ilex myricoides</i>	Aquifoliaceae		14
58	<i>Lepechinia heteromorpha</i>	Lamiaceae		11
59	<i>Liabum sp.</i>	Asteraceae	2	5
60	<i>Lycianthes sp.</i>	Solanaceae		2
61	<i>Macleania rupestris</i>	Ericaceae	3	2
62	<i>Macrocarpaea sp.</i>	Gentianaceae	2	
63	<i>Markea sp.</i>	Solanaceae	5	
64	<i>Maytenus sp.</i>	Celastraceae		2
65	<i>Maytenus verticillata</i>	Celastraceae	43	
66	<i>Meliosma sp.</i>	Sabiaceae	34	
67	<i>Meliosma arenosa</i>	Sabiaceae	1	
68	<i>Meriania sp.</i>	Melastomataceae	11	
69	<i>Meriania tomentosa</i>	Melastomataceae	36	
70	<i>Miconia sp.</i>	Melastomataceae	18	7
71	<i>Miconia ligustrina</i>	Melastomataceae		4
72	<i>Miconia salicifolia</i>	Melastomataceae		2
73	<i>Monnina hirta</i>	Polygalaceae		12
74	<i>Monnina cestrifolia</i>	Polygalaceae	1	
75	<i>Myrcianthes rhopaloides</i>	Myrtaceae	128	3
76	<i>Myrsine coriacea</i>	Myrsinaceae	11	1
77	<i>Myrsine depends</i>	Myrsinaceae		2
78	<i>Myrsine andina</i>	Myrsinaceae	2	8
79	<i>Ocotea infrafoveolata</i>	Lauraceae		2
80	<i>Oreocallis grandiflora</i>	Proteaceae	3	

81	<i>Oreopanax andreanum</i>	Araliaceae		17
82	<i>Oreopanax avicenniaefolium</i>	Araliaceae		31
83	<i>Oreopanax rosei</i>	Araliaceae	16	84
84	<i>Palicourea amethystina</i>	Rubiaceae	4	
85	<i>Palicourea heterochroma</i>	Rubiaceae	1	
86	<i>Panopsis polystachya</i>	Proteaceae		10
87	<i>Pentacalia sp.</i>	Asteraceae	7	
88	<i>Persea brevipes</i>	Lauraceae	6	
89	<i>Phenax hirtus</i>	Urticaceae	3	
90	<i>Piper andreanum</i>	Piperaceae	4	26
91	<i>Polylepis incana</i>	Rosaceae	16	
92	<i>Prumnopitys montana</i>	Podocarpaceae		1
93	<i>Roupala pachypoda</i>	Proteaceae	2	
94	<i>Roupala sp.</i>	Proteaceae	2	
95	<i>Roupala dolichopoda</i>	Proteaceae	1	
96	<i>Saurauia bullosa</i>	Actinidiaceae	18	
97	<i>Saurauia tomentosa</i>	Actinidiaceae	1	
98	<i>Siparuna muricata</i>	Monimiaceae	4	
99	<i>Solanum sp.</i>	Solanaceae	1	1
100	<i>Solanum torvum</i>	Solanaceae	2	
101	<i>Solanum asperolanatum</i>	Solanaceae		2
102	<i>Solanum barbatulum</i>	Solanaceae	15	
103	<i>Solanum goniocaulon</i>	Solanaceae		16
104	<i>Solanum hypacrarthrum</i>	Solanaceae	5	
105	<i>Symplocos bogotensis</i>	Symplocaceae		20
106	<i>Symplocos canescens</i>	Symplocaceae		1
107	<i>Symplocos nuda</i>	Symplocaceae	4	
108	<i>Symplocos quitensis</i>	Symplocaceae		22
109	<i>Tournefortia fuliginosa</i>	Boraginaceae	6	
110	<i>Tournefortia scabrida</i>	Boraginaceae		18
111	<i>Vallea stipularis</i>	Elaeocarpaceae	11	10
112	<i>Verbesina sp.</i>	Asteraceae	2	
113	<i>Verbesina latisquam</i>	Asteraceae	2	1
114	<i>Viburnum triphyllum</i>	Viburnaceae	2	45
115	<i>Weinmannia fagaroides</i>	Cunoniaceae		69

### *Densidad de los biotopos leñosos según clases diamétricas*

Según la distribución en clases diamétricas de la densidad (Ind/ha), para biotipos leñosos con **DAP  $\geq$  5 cm**, se determinó que existe mayor número de individuos en la clase (5-9,99 cm), tanto para el sitio de Chaucha como de San Gerardo. En esta clase se registró mayor número de individuos en Chaucha. El número de individuos disminuyó en las clases diamétricas superiores, en los dos sitios de investigación (Figura 13).

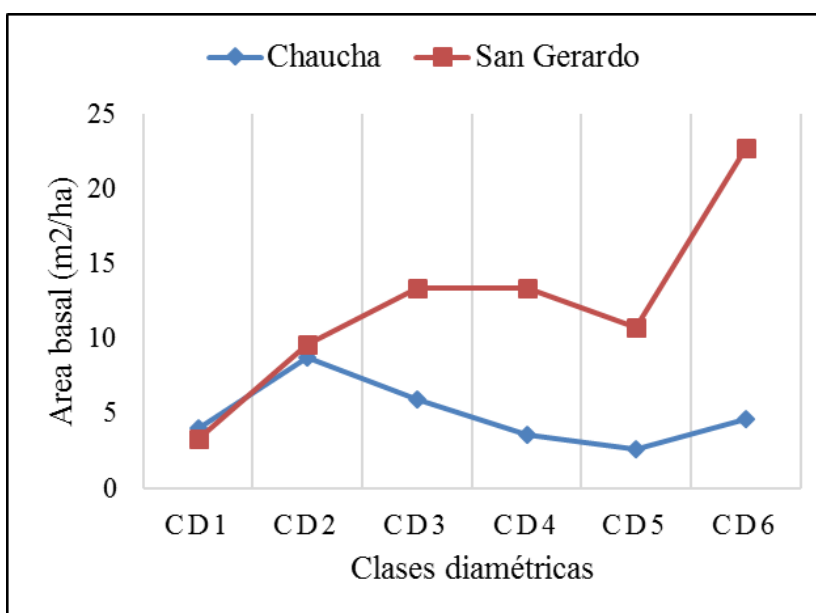


**Figura 13.** Distribución en clases diamétricas de la densidad (Ind/ha) de los biotipos leñosos en los sitios de investigación Chaucha y San Gerardo. CD: Clases diamétricas; Ind: individuos

### *Área basal de los biotopos leñosos según clases diamétricas*

Según la distribución en clases diamétricas del área basal ( $\text{m}^2/\text{ha}$ ) para biotipos leñosos con **DAP  $\geq$  5 cm**, se determinó que existe mayor número de individuos en la clase (> 50cm), para San Gerardo mientras que, para Chaucha, existió mayor número de individuos en la clase (10-19,99 cm) (Figura 14).

Clases diamétricas	Rango DAP (cm)
CD1	5-9,99
CD2	10-19,99
CD3	20-29,99
CD4	30-39,99
CD5	40-49,99
CD6	> 50



**Figura 14.** Distribución en clases diamétricas del área basal (m<sup>2</sup>/ha) de los biotipos leñosos en los sitios de investigación Chaucha y San Gerardo.

## 7.2 Descripción de variables ambientales de precipitación, temperatura, altitud, pendiente, densidad aparente, pH, materia orgánica, conductividad eléctrica y textura.

La precipitación registró diferencias significativas ( $P = 0.0002$ ) arrojando mayores valores en Chaucha en comparación a San Gerardo. Con respecto a la temperatura media anual fue superior significativamente en Chaucha ( $P = 0.0001$ ) (Tabla 5).

**Tabla 5.** Promedio de las variables climáticas de temperatura y precipitación registrados en los dos sitios de investigación, Chaucha y San Gerardo.

Variables climáticas	Prueba estadística	Sitios de investigación		P
		Chaucha	San Gerardo	
<b>Precipitación anual</b>	Kruskal Wallis	1236.04 ± 45.05 <b>B</b>	825.90 ± 12.27 <b>A</b>	0.0002
<b>Temperatura media anual</b>	Kruskal Wallis	11.67 ± 0.77 <b>B</b>	8.22 ± 0.45 <b>A</b>	0.0001

Kruskal Wallis, ( $P < 0.05$ ). Letras diferentes indican diferencias significativas.

La altitud presentó diferencias significativas ( $P = 0.0002$ ) entre los dos sitios de investigación, con valores mayores en San Gerardo. Respecto a la pendiente no presentó diferencias significativas ( $P = 0.0761$ ) (Tabla 6).

**Tabla 6.** Promedios de las variables topográficas (altitud y pendiente) en los dos sitios de investigación Chaucha y San Gerardo, registrados en parcelas de 0,1 ha.

Variables topográficas	Prueba estadística	Sitios de investigación		P
		Chaucha	San Gerardo	
Altitud (m s.n.m)	Kruskal Wallis	2725 $\pm$ 137.79 A	3377.50 $\pm$ 57.07 B	0.0002
Pendiente %	LSD de Fisher	47.60 $\pm$ 4.17 A	36.50 $\pm$ 4.17 A	0.0761

LDS Fisher, Kruskal Wallis, ( $P < 0,05$ ). Letras diferentes indican diferencias significativas.

La densidad aparente a los 15 cm de profundidad entre los sitios de estudio no presentó diferencias significativas ( $P = 0.0753$ ), respecto a esta variable a los 30 cm de profundidad registro diferencias significativas ( $P = 0.0282$ ) arrojando mayores valores en Chaucha (Tabla 7).

El pH a los 15 cm de profundidad entre los sitios de estudio no presentó diferencias significativas ( $P = 0.4960$ ), al igual a los 30 cm de profundidad no presentó diferencias significativas ( $P = 0.0916$ ) por lo que fue igual estadísticamente en los dos sitios (Tabla 7).

La materia orgánica a los 15 cm de profundidad presentó diferencias estadísticas ( $P = 0.0194$ ) registrando los valores mayores en el sitio de San Gerardo, a diferencia los 30 cm de profundidad donde no se presentaron diferencias significativas entre los sitios de estudio (Tabla 7).

La conductividad eléctrica a 15 cm y 30 cm de profundidad no presentaron diferencias significativas entre los sitios de estudio (Tabla 7).

**Tabla 7.** Resultados obtenidos de las variables edáficas de pH, CE, densidad aparente y materia orgánica a 15 cm y 30 cm de profundidad en los dos sitios de investigación Chaucha y San Gerardo.

Variables edáficas	Prueba estadística	Sitios de investigación		P
		Chaucha	San Gerardo	
Densidad aparente 15 cm (g/cc)	Kruskal Wallis	0.72 ± 0.33 <b>A</b>	0.48 ± 0.11 <b>A</b>	0.0753
Densidad aparente 30 cm (g/cc)	LSD de Fisher	0.83 ± 0.06 <b>B</b>	0.62 ± 0.06 <b>A</b>	0.0282
pH 15cm	Kruskal Wallis	5.30 ± 0.32 <b>A</b>	5.37 ± 0.64 <b>A</b>	0.4960
pH 30cm	LSD de Fisher	5.83 ± 0.18 <b>A</b>	5.38 ± 0.18 <b>A</b>	0.0916
Materia orgánica 15cm (%)	LSD de Fisher	23.27 ± 3.27 <b>A</b>	35.12 ± 3.27 <b>B</b>	0.0194
Materia orgánica 30cm (%)	LSD de Fisher	19.12 ± 3.21 <b>A</b>	27.74 ± 3.21 <b>A</b>	0.0736
Conductividad eléctrica 15cm(dS/m)	Kruskal Wallis	0.09 ± 0.01 <b>A</b>	0.11 ± 0.04 <b>A</b>	0.1860
Conductividad eléctrica 30cm (dS/m)	Kruskal Wallis	0.07 ± 0.01 <b>A</b>	0.08 ± 0.03 <b>A</b>	0.4368

LDS Fisher, Kruskal Wallis, ( $P < 0.05$ ). Letras diferentes indican diferencias significativas.

En cuanto a la textura se distinguieron cuatro clases texturales en los dos sitios de estudio. Estas clases fueron: Franco limoso, franco arenoso, franco y arenoso franco. Encontrándose en Chaucha tres de las mencionadas clases: franco arenoso, franco limoso y arenoso franco, mientras que en San Gerardo se distinguieron las clases texturales: franco arenoso, franco limoso y franco. Cabe mencionar que las clases dominantes fueron franco limoso y franco arenoso. En Chaucha el suelo fue caracterizado como franco limoso debido a que hubo en mayor proporción, mientras que en San Gerardo se obtuvo un equilibrio (mismos valores) para la clase textural franco limoso y franco arenoso (Anexo 13).

### 7.3 Establecer relaciones entre variables de la vegetación con las variables ambientales.

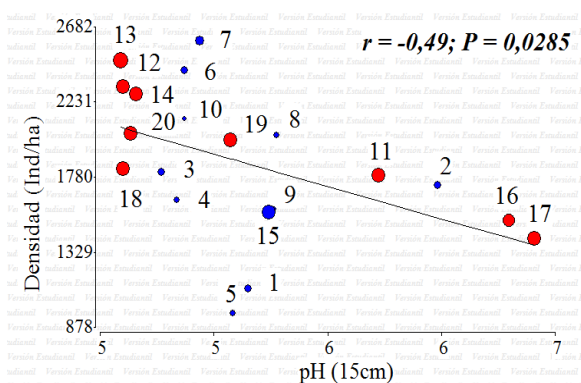
Considerando los biotipos con **DAP  $\geq$  5 cm** en los dos sitios de estudio, la densidad se correlacionó negativamente y significativamente con el pH tanto a 15 cm ( $P = 0.0285$ ) (Figura 15) y a 30 cm debajo del suelo (Figura 15) ( $P = 0.002$ ) (Tabla 8). También se correlacionó negativamente con la densidad aparente a 15 cm debajo del suelo ( $P = 0.0209$ ). El índice de Shannon se correlacionó negativamente ( $P = 0.0349$ ) con la altitud y positivamente con la precipitación media anual ( $P = 0.0418$ ). Se correlacionó positivamente el área basal ( $m^2/ha$ ) con la altitud ( $P = <0.0001$ ) y con la materia orgánica a los 15 cm debajo del suelo ( $P = 0.0355$ ) y se correlacionó negativamente con la temperatura media anual ( $P = <0.0001$ ) y con la precipitación ( $P = <0.0001$ ) (Tabla 8).

**Tabla 8.** Correlaciones entre variables de la vegetación con variables ambientales con biotipos leñosos  $\geq 5$  cm de DAP.

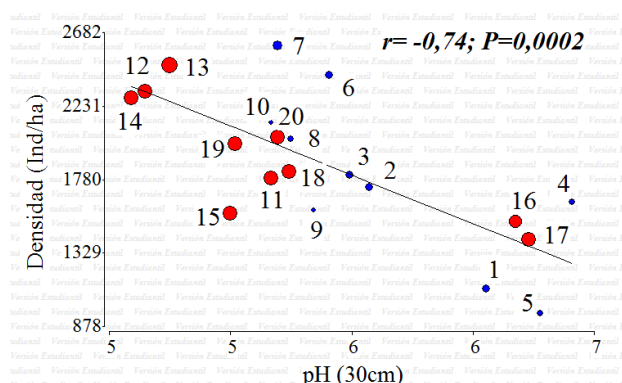
Variable (1)	Variable (2)	N	Pearson	p-valor
Densidad (Ind/ha)	pH (15cm)	20	-0.49	0.0285
Densidad (Ind/ha)	pH (30cm)	20	-0.74	0.0002
Densidad (Ind/ha)	Densidad aparente 15cm (g/cc)	20	-0.51	0.0209
Índice de Shannon	Altitud (m s.n.m.)	20	-0.47	0.0349
Índice de Shannon	Precipitación anual (mm)	20	0.46	0.0418
Área basal ( $m^2/ha$ )	Altitud (m s.n.m.)	20	0.8	<0.0001
Área basal ( $m^2/ha$ )	Precipitación media anual (mm)	20	-0.83	<0.0001
Área basal ( $m^2/ha$ )	Temperatura media anual ( $^{\circ}C$ )	20	-0.86	<0.0001
Área basal ( $m^2/ha$ )	Materia orgánica 15 cm (%)	20	0.47	0.0355



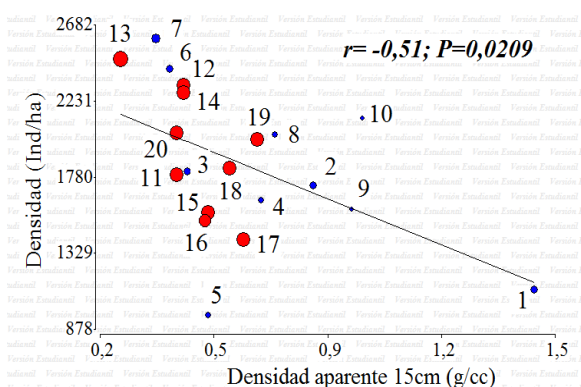
a) Densidad (Ind/ha) / pH (15 cm)



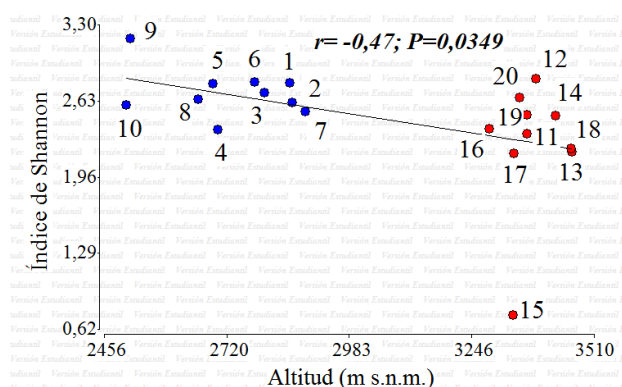
b) Densidad (Ind/ha) / pH (30 cm)



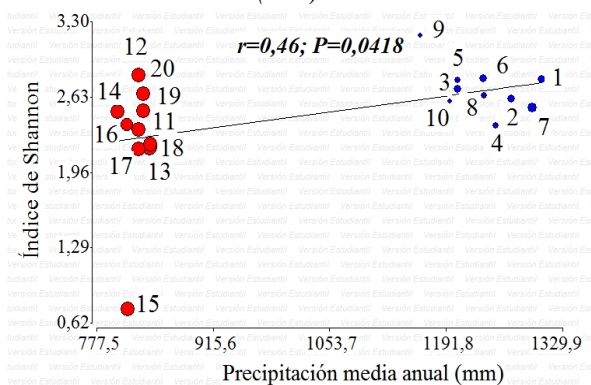
c) Densidad (Ind/ha) / densidad aparente 15 cm (g/cc)



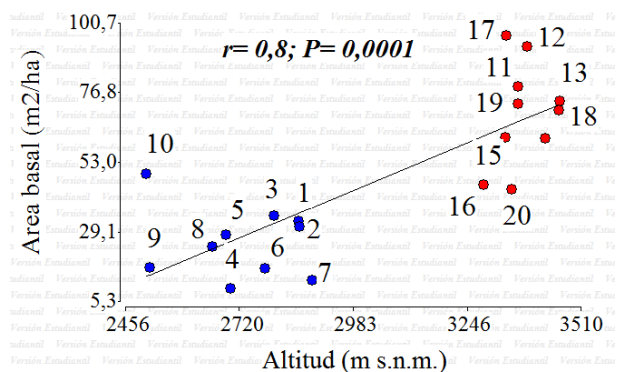
d) Índice de Shannon / Altitud (m s.n.m.)



e) Índice de Shannon / Precipitación media anual (mm)

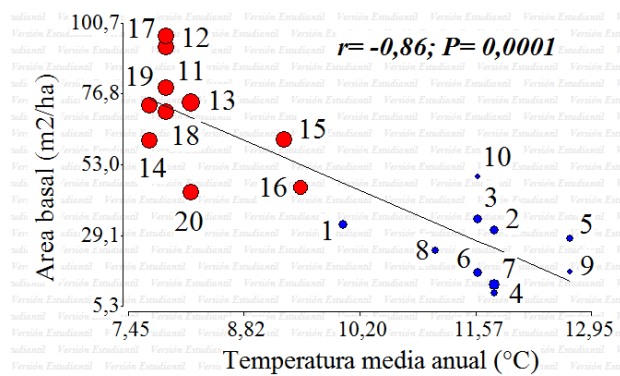
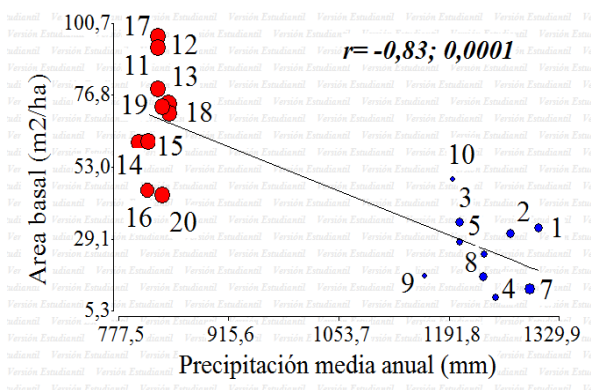


f) Área basal (m²/ha) / Altitud (m s.n.m.)

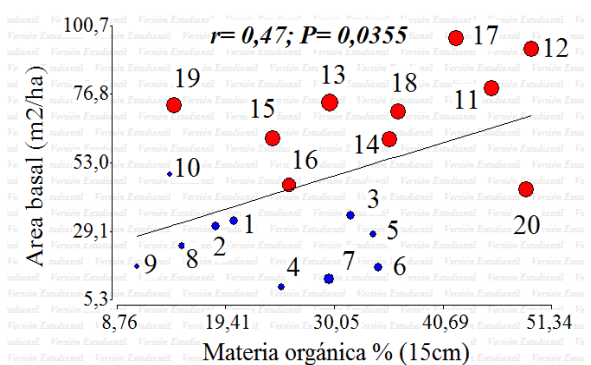


g) Área basal ( $m^2/ha$ ) / Precipitación media anual (mm)

h) Área basal ( $m^2/ha$ ) / Temperatura media anual ( $^{\circ}C$ )



i) Área basal ( $m^2/ha$ ) / Materia orgánica % (15 cm)



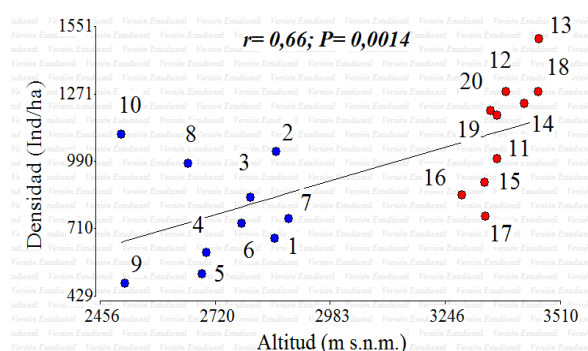
**Figura 15.** Relaciones de las variables de la vegetación con variables ambientales, para biotipos leñosos  $\geq 5$  cm DAP en parcelas de 0.1 ha. Color azul indica parcelas correspondientes a Chaucha; color rojo indica parcelas correspondientes a San Gerardo.

Considerando los biotipos con **DAP  $\geq 10$  cm** en los dos sitios de estudio, la densidad (Ind/ha) se correlacionó positivamente y significativamente con la altitud ( $P = 0.0014$ ) (Tabla 9; Figura 16). También se correlacionó negativamente la densidad (Ind/ha) con la precipitación media anual ( $P = 0.0046$ ), con la temperatura media anual ( $P = 0.0005$ ) con el pH a 30 cm debajo ( $P = 0.0003$ ). Se correlacionó positivamente el área basal ( $m^2/ha$ ) con la altitud ( $P = <0.0001$ ) y con la materia orgánica a los 15 cm debajo del suelo ( $P = 0.0321$ ) y se correlacionó negativamente con la temperatura media anual ( $P = <0.0001$ ) y con la precipitación ( $P = <0.0001$ ) (Figura 16).

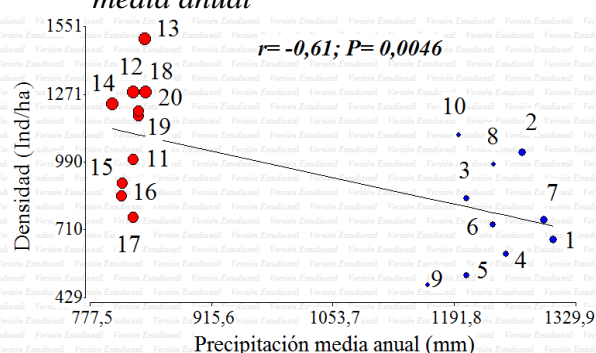
**Tabla 9.** Correlaciones entre variables de la vegetación con variables ambientales con biotipos leñosos  $\geq 10$  cm de DAP.

Variable (1)	Variable (2)	N	Pearson	p-valor
Densidad (Ind/ha)	Altitud (m s.n.m.)	20	0.66	0.0014
Densidad (Ind/ha)	Precipitación media anual (mm)	20	-0.61	0.0046
Densidad (Ind/ha)	Temperatura media anual (°C)	20	-0.71	0.0005
Densidad (Ind/ha)	pH (30 cm)	20	-0.72	0.0003
Área basal (m <sup>2</sup> /ha)	Altitud (m s.n.m.)	20	0.8	<0.0001
Área basal (m <sup>2</sup> /ha)	Precipitación media anual (mm)	20	-0.83	<0.0001
Área basal (m <sup>2</sup> /ha)	Temperatura media anual (°C)	20	-0.86	<0.0001
Área basal (m <sup>2</sup> /ha)	Materia orgánica 15 cm (%)	20	0.48	0.0321

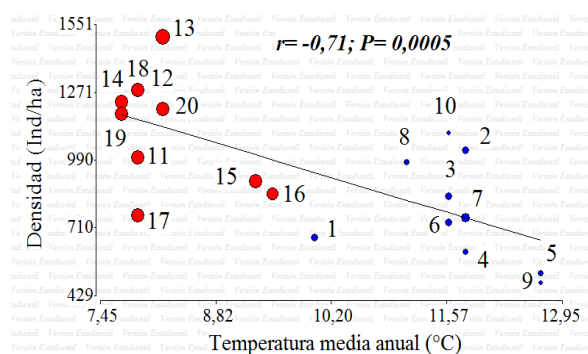
a) Densidad (Ind/ha) / altitud



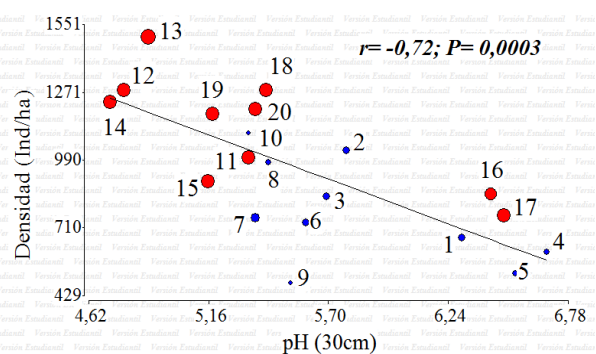
b) Densidad (Ind/ha) / precipitación media anual

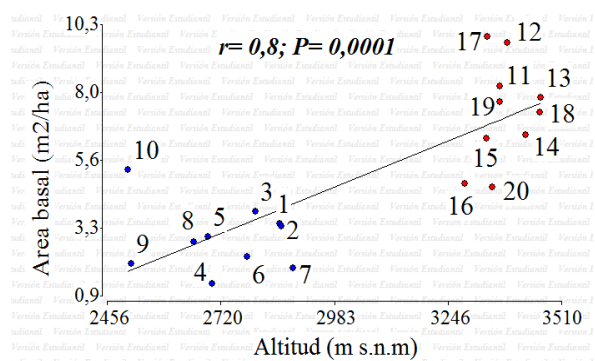
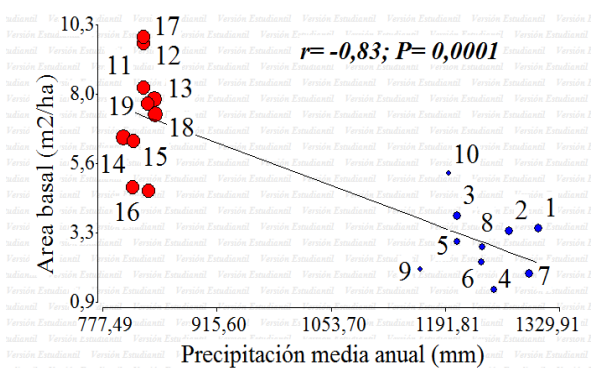
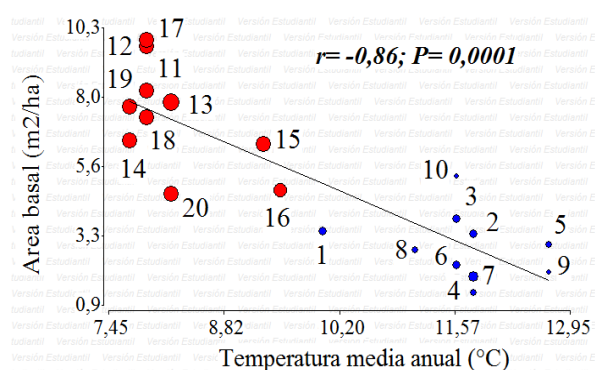
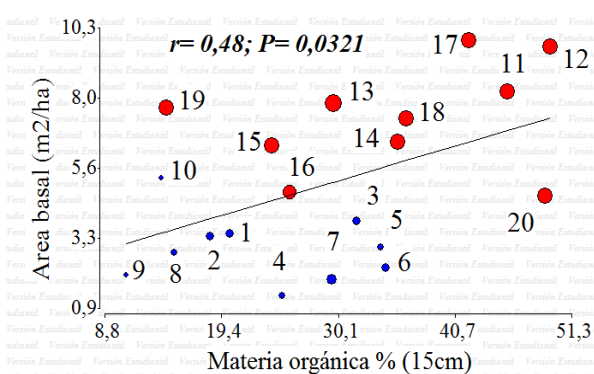


c) Densidad (Ind/ha) / temperatura media anual



d) Densidad (Ind/ha) / pH (30 cm)

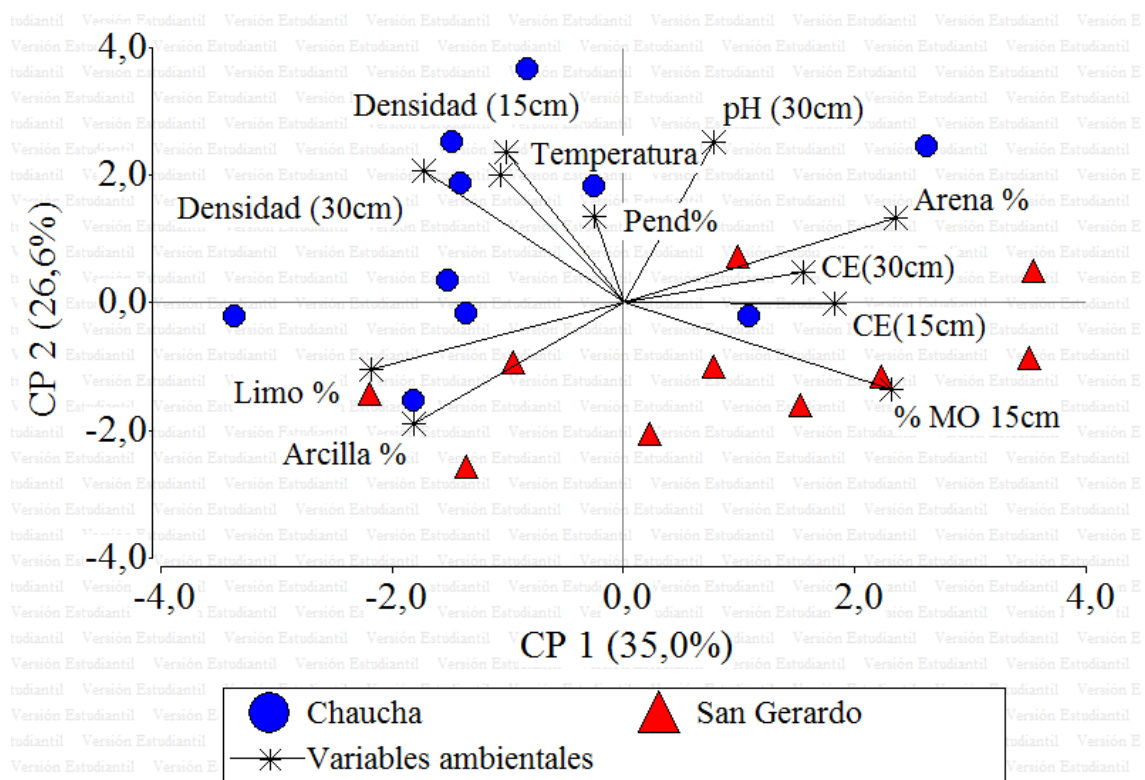


e) Área basal ( $m^2/ha$ ) / Altitudf) Área basal ( $m^2/ha$ ) / Precipitación media anualg) Área basal ( $m^2/ha$ ) / Temperatura media anualh) Área basal ( $m^2/ha$ ) / Materia orgánica % (15 cm)

**Figura 16.** Relaciones de las variables de la vegetación con variables ambientales, para biotipos leñosos  $\geq 10$  cm DAP en parcelas de 0.1 ha. Color azul indica parcelas correspondientes a Chaucha; el color rojo indica parcelas correspondientes a San Gerardo.



### ***Análisis de componentes principales***



**Figura 17.** Análisis de componentes principales para el ordenamiento, correlación y asociación con variables ambientales en bosques andinos del Macizo del Cajas.

El análisis de componentes principales explicó con el 61 % de variación, la asociación de las variables ambientales con los sitios de estudio, en dos componentes. Las variables edáficas como pH (30 cm), arena (%) y conductividad eléctrica (30 cm) se asociaron positivamente con la mayoría de las parcelas de San Gerardo y con dos parcelas de Chaucha, en el primer componente. En este mismo componente, las variables de densidad a los 15 cm y a los 30 cm, temperatura, limo % y arcilla % se asociaron con las parcelas ubicadas en Chaucha. En el segundo componente, aunque con menor porcentaje de explicación, variables del suelo como la materia orgánica, arcilla y limo se asociaron positivamente con la mayoría de las parcelas ubicadas en San Gerardo.



## 8. DISCUSIÓN

### *Las variables de la vegetación disminuyen conforme se incrementa la altitud*

Con respecto a la disimilitud en la composición florística registrada entre los pisos altitudinales, se pudo aceptar la hipótesis alternativa planteada en el presente estudio sobre esta variable. Es relevante mencionar, que a la composición florística o variable cualitativa de la vegetación no se la puede cuantificar bajo un patrón de aumento o disminución con respecto a su magnitud, pero si documentar que existe una variación en los sitios o pisos altitudinales en donde se realizó el estudio, los cuales tienen influencias ambientales diferentes.

Con respecto a las especies más abundantes en el primer sitio de investigación o Chaucha, estas corresponden al grupo ecológico de especies de sucesión avanzada conocidas cuyas especies presentes fueron: *Myrciastes rhopaloides*, *Clusia alata*, *Hedyosmum scabrum* y *Oreopanax rosei*. Estas especies han sido registradas en otros bosques del sur del Ecuador con un buen estado de conservación dentro de los Andes tropicales por Homeier et al. (2010); Jadán, Toledo, et al. (2017) y también han sido registradas a nivel regional por Young (1993), es así que pueden ser consideradas como especies generalistas o de amplia distribución geográfica dentro de los Andes tropicales. En el segundo sitio de investigación, se registraron otras especies como las más abundantes a excepción de *Oreopanax rosei*. Esta variación en las especies más abundantes, se puede inferir que los factores ambientales a escalas locales (climáticos, edáficos y antropogénicos) estarían influyendo sobre la composición de especies.

Con respecto al promedio de riqueza de especies, el cual resultó ser similar en los sitios de estudio, tanto en Chaucha y San Gerardo. Estos resultados no concuerdan con los patrones de distribución documentada para este parámetro a nivel local por Homeier et al. (2010) ni regional (C. Girardin, Farfan, et al., 2014) debido a que la mayor riqueza se presentó en sitios de menor altitud. Estas no coincidencias posiblemente estén relacionadas con la influencia ambiental



climática de la biorregión occidental de los Andes, en donde particularidades como la estacionalidad, que también varía con respecto a la altitud, estén influyendo sobre los resultados presentados.

En cuanto a la densidad por unidad de superficie (Ind/ha) los mayores valores se presentaron en las parcelas de estudio ubicadas en San Gerardo ( $> 3000$  msnm), es decir a mayor altitud, lo cual implica una relación positiva con la elevación. Estos resultados son similares a los patrones registrados en los Andes tropicales en donde las bajas temperaturas condicionadas por la altitud, han limitado el crecimiento en tamaño de las especies leñosas. Sin embargo, otras variables como la humedad relativa y lluvia horizontal han incidido para dar origen de varios tallos leñosos que incrementa la densidad por unidad de superficie (Jadán, Toledo, et al., 2017).

En cuanto a los índices de diversidad alfa se evidenció que estadísticamente no surgieron diferencias entre los sitios de estudio, aunque los mayores valores se presentaron en el sitio de Chaucha (2000 a 3000 msnm) en biotipos leñosos  $\geq 10$  cm de DAP. Sin embargo, para los individuos leñosos  $\geq 5$  cm de DAP fueron diferentes estadísticamente, con mayores valores para Chaucha o a menor altitud. Esto concuerda con la investigación realizada por Rodríguez (2011) en donde se afirma el efecto de los gradientes altitudinales sobre la diversidad de especies de leñosas disminuye conforme aumenta la altitud. Al respecto Cuvilland Caranqui (2011); Pineda et al. (2008) sostienen que mayor diversidad se da en ecosistemas ubicados a menor altitud o adyacente a los trópicos; esto se justifica probablemente a las condiciones ambientales que existen en zonas bajas las cuales permiten mejor desarrollo vegetativo. Se adiciona la migración de semillas desde sitios de mayor altitud a sitios más bajos a través de agentes dispersores sean estos bióticos o abióticos cuya presencia implica la formación de ecosistemas con altos índices de diversidad y especies compartidas. Esto debe ser comprobado mediante estudios posteriores que abarquen aspectos temáticos sobre lo mencionado.



En el caso del área basal los resultados presentaron relaciones positivas de incremento con la altitud. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Tepán and Toledo (2016) en bosques secundarios andinos, en la Región Sur del Ecuador. Sin embargo difieren de los obtenidos por Homeier et al. (2010) en los Andes orientales en el Sur del Ecuador; aquí el área basal disminuye conforme se incrementa la altitud. Al igual que las otras variables de la vegetación indagadas en la presente investigación, los patrones de distribución del área basal posiblemente dependen de factores circundantes como la posición biogeográfica y de otras variables ambientales, que son muy heterogéneas en el gradiente ambiental, en donde se encuentran los dos sitios de investigación.

***Relaciones entre las variables de vegetación con las variables ambientales de precipitación, temperatura, altitud, pendiente, materia orgánica, densidad aparente del suelo, pH, textura y conductividad eléctrica, en los bosques andinos del macizo del Cajas.***

La densidad (Ind/ha) y área basal se correlacionaron negativamente con la precipitación y temperatura. Estos resultados permiten afirmar que la magnitud de los valores en las variables de la vegetación está condicionada con la disminución de estas dos variables climáticas. Según Jadán, Toledo, et al. (2017) en su estudio realizado en comunidades forestales en bosques alto-andinos del Azuay, el área basal fue mayor para la comunidad ubicada a mayor altitud en donde también se registra menor temperatura. Esto coincide con los resultados de nuestro estudio, en donde la temperatura y precipitación, considerados como principales factores climáticos, infieren sobre la existencia de especies, fisionomía de la vegetación y composición florística. Según García, Cárdenas, and Castro (2007) en su estudio realizado en bosques húmedos montano del Valle de Cauca, sur occidente colombiano, determinaron que la densidad o abundancia posee una alta correlación negativa con respecto a la temperatura del suelo, lo cual indica que a menor temperatura hay una mayor densidad de individuos.





Para el caso de las variables edáficas, la materia orgánica (15 cm) frente al área basal se correlacionó positivamente. Williams, Tolome, Forest, Litterfall, and Forest (1996) en su estudio registró una relación positiva entre la acumulación de hojarasca y el área basal en un bosque de niebla del centro de Veracruz. Se conoce que la hojarasca se relaciona directamente con la cantidad de materia orgánica, sin dejar de por medio los factores bióticos y abióticos que determinan la descomposición (Sánchez, Crespo, Hernández, & García, 2008). Es así que la materia orgánica incide directamente en la formación de nitrógeno disponible en el suelo por lo que su aporte positivo y eficiente determinará la productividad de los bosques, evidenciado en variables de producción como es el área basal.

Respecto a la densidad (Ind/ha) correlacionada fuertemente positiva con el pH (30 cm) se deduce mayor presencia de individuos cuando el pH es menos ácido. Este resultado concuerda con lo afirmado por Homeier et al. (2010) quien en un estudio realizado en una selva tropical montana ecuatoriana determinó relaciones significativas entre la diversidad de los árboles y parámetros del suelo, entre ellos el pH. Así se sugiere que existe una dependencia en la abundancia sobre esta variable edáfica debido a que el pH determina la disponibilidad de nutrientes del suelo, e incluso en los orgánicos facilitará o no la mineralización. Por lo tanto, su acidez o alcalinidad, limitará el desarrollo de las especies vegetales y estas solo se desarrollan con mayor abundancia las especies que se adaptan a la variación de este parámetro químico del suelo.

Al igual que en la vegetación de menor tamaño  $\geq 5$  cm DAP, las variables evaluadas de diversidad, riqueza y densidad no presentan un patrón de distribución similar a lo registrado en estudios realizados en los Andes tropicales. Por lo cual se puede afirmar que en vegetación madura, las variables ambientales asociadas con la posición biogeográfica son altamente influyentes sobre las magnitudes de las variables mencionadas especialmente de clima (Botero,



2015). Esto debería ser indagado y confirmado en estudios posteriores en donde se coloque a las variables ambientales dentro de un análisis cuantitativo, conocer su real incidencia sobre los parámetros de la vegetación.

En general, los resultados de nuestro estudio coinciden con numerosos trabajos (Álvarez et al., 2019; Cano & Stevenson, 2009; Caranqui et al., 2016; Tepán & Toledo, 2016). Aquí se concluye que la diversidad de especies arbóreas se encuentra determinadas o condicionadas por variables ambientales como la topografía, tipo de suelo, etc., los mismos que operan a diferentes escalas, es decir a nivel local y regional.

## 9. CONCLUSIONES

En la composición florística se evidenció que existe mayor número de familias, géneros y especies para el primer sitio de estudio Chaucha, tanto en individuos con  $DAP \geq 5$  cm, así como también en  $DAP \geq 10$  cm.

La variable riqueza de especies no se presentaron diferencias entre los sitios de estudio, dentro de los dos tamaños de vegetación ( $DAP \geq 5$  cm y  $\geq 10$  cm) sin embargo, se registraron los mayores valores de riqueza en la localidad de Chaucha.

En San Gerardo se registraron los mayores valores para la densidad en biotipos leñosos a los  $\geq 5$  y  $\geq 10$  cm de DAP. No se presentaron diferencias significativas en los  $\geq 5$  cm de DAP, pero en individuos leñosos con  $DAP \geq 10$  cm si fue diferente estadísticamente.

En Chaucha las especies más abundantes a los  $\geq 5$  de DAP fueron *Myrciantes rhopaloides*, *Clusia alata*, *Hedyosmum scabrum* y *Oreopanax rosei*, En los individuos con  $\geq 10$  de DAP se registraron las mismas especies a excepción de *Oreopanax rosei*, en lugar de esta se registró la especie *Maytenus verticillata*. Mientras que en San Gerardo las especies más abundantes a los  $\geq 5$  cm DAP fueron *Hedyosmum luteynii*, *Hedyosmum cumbalense*, *Oreopanax rosei* y *Viburnum triphyllum*. A los  $\geq 10$  cm se registraron las mismas especies a excepción de *Viburnum triphyllum*, misma que fue reemplazada por *Weinmannia fagaroides*.

La precipitación y temperatura registraron los mayores valores en Chaucha, no obstante, la altitud fue mayor en San Gerardo. No se presentaron diferencias en cuanto a la pendiente ni en la densidad aparente a los 15 cm de profundidad, tampoco se presentó diferencias en el pH, ni en la conductividad eléctrica. Las dos profundidades fue estadísticamente similar en los dos sitios de investigación. La clase textural dominante en Chaucha fue franco limoso, mientras que en San Gerardo se presentaron dos clases texturales en las 10 parcelas muestreadas; estas fueron franco limoso y franco arenoso.



Se presentaron correlaciones entre variables de la vegetación con variables ambientales; a los  $\geq 5$  cm de DAP se registró relaciones entre la densidad con el pH a profundidades de 15 y 30 cm. Así mismo con la densidad aparente a los 15 cm, los índices de diversidad de Shannon al con la altitud y precipitación. A los  $\geq 10$  cm de DAP existió correlaciones entre la densidad de especies con la altitud, precipitación, temperatura, pH a los 30 cm y con el porcentaje de arcilla en cuanto a textura. Respecto al área basal se relacionó con la altitud, precipitación, temperatura y materia orgánica a los 15 cm tanto para individuos leñosos de  $\geq 5$  cm de DAP como de  $\geq 10$  cm de DAP.

Con base a la información generada en este estudio, los bosques sujetos de investigación son de gran importancia debido a la alta diversidad florística y a los servicios ecosistémicos que brindan. Es así que estos datos generados en el presente estudio servirán como base y referencia para futuras planificaciones ambientales sobre los bosques, ligado a manejar y conservar los recursos que en ellos habitan. Todo esto para evitar la deforestación.



## **10. RECOMENDACIONES**

Es importante realizar más estudios con el fin de dar a conocer ecológicamente el valioso papel que cumplen áreas poco o nada evaluadas en zonas de importancia ecológica, como es la vertiente occidental de los Andes en la provincia del Azuay, donde se involucren más variables ambientales y edáficas para determinar su influencia sobre la vegetación única de esta biorregión andina.



## 11. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Aguirre, Z. (2013). Guía de métodos para medir la biodiversidad: Loja-Ecuador.
- Aguirre, Z., Loja, A., Solano, M., & Aguirre, N. (2015). Especies Forestales más aprovechadas del Sur de Ecuador. *Universidad Nacional de Loja. Ecuador. 128p.*
- Alameda, D. (2010). Journey to the center of the soil: Ecophysiological implications of soil compaction on plant development.
- Álvarez, C., Carriel, M. R. A., & Villacís, J. (2019). Diversidad arbórea y su relación con la pendiente en plantaciones de *Eucalyptus globulus*. *Boletín Técnico, Serie Zoológica, 13*(12-13).
- Amarilla, L. R. M. (2018). *Análisis de la estructura vegetal Humedal-Bosque Ripario en el humedal del Río Negro, Chaco húmedo, Paraguay.*, Universidad Nacional de Asunción.
- Báez, S., Malizia, A., Carilla, J., Blundo, C., Aguilar, M., Aguirre, N., . . . Duque, Á. (2015). Large-scale patterns of turnover and basal area change in Andean forests. *PloS one, 10*(5), e0126594.
- Balzarini, M., Gonzalez, L., Tablada, E., Casanoves, F., Di Rienzo, J., Robledo, C., . . . Nicholson, K. (2008). *InfoStat, versión 2008: manual del usuario* (9253045310). Retrieved from
- Barbaro, L., Karlanian, M., & Mata, D. (2014). Importancia del pH y la Conductividad Eléctrica (CE) en los sustratos para plantas. *Ministerio de agricultura, ganadería y pesca, Buenos Aires, Argentina.*
- Botero, E. (2015). *El cambio climático y sus efectos en la biodiversidad en América Latina: UN.*
- Briceño, k. (2017). Índice de Simpson: Definición, Fórmula, Interpretación y Ejemplo.
- Brown, M., Chiriboga, F., Esparza, P., & Montenegro, F. (2007). Plan de acción de la Planeación estratégica del subsector de los Bosques nativos en el Ecuador., 140.
- Cabrera, O., Benítez, Á., Cumbicus, N., Naranjo, C., Ramón, P., Tinitana, F., & Escudero, A. (2019). Geomorphology and Altitude Effects on the Diversity and Structure of the Vanishing Montane Forest of Southern Ecuador. *Diversity, 11*(3), 32.
- Cano, A., & Stevenson, P. (2009). Diversidad y composición florística de tres tipos de bosque en la Estación Biológica Caparú, Vaupés. *Colombia Forestal, 12*(1), 63-80.
- Caranqui, J., Lozano, P., & Reyes, J. (2016). Composición y diversidad florística de los páramos en la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo, Ecuador. *Enfoque UTE, 7*(1), 33-45.
- Castellanos, C., & Newton, A. (2015). Environmental heterogeneity influences successional trajectories in Colombian seasonally dry tropical forests. *Biotropica, 47*(6), 660-671.
- Cavelier, J., Jaramillo, M. a., Solis, D., & de León, D. (1997). Water balance and nutrient inputs in bulk precipitation in tropical montane cloud forest in Panama. *Journal of Hydrology, 193*(1-4), 83-96.
- Cuvi, M., & Caranqui, J. (2011). Estudio de la diversidad florística a diferente gradiente altitudinal en el bosque montano alto Llucud, canton Chambo, provincia de Chimborazo.
- De la Torre, L., Navarrete, H., Muriel, P., Macía, M., & Balslev, H. (2008). La diversidad de ecosistemas en el Ecuador. *Enciclopedia de las plantas útiles del Ecuador, 28-38.*
- Del Río, M., Montes, F., Cañellas, I., & Montero, G. (2003). Revisión: Índices de diversidad estructural en masas forestales. *Invest. Agrar. Sist. Recur. For, 12*(1), 159-176.
- Fernández, V. C. (2009). *Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental: Mundi-Prensa Libros.*
- Franco, M., Betancur, J., & Franco, P. (2010). Diversidad florística y estructura de remanentes de bosque andino en la zona de amortiguación del Parque Nacional Natural los Nevados, Cordillera Central Colombiana. *Caldasia, 32*(1).



- Galeas, R., & Guevara, J. (2012). Sistema de clasificación de los Ecosistemas del Ecuador Continental. *Dirección Nacional Forestal*.
- García, J., Cárdenas, H., & Castro, F. (2007). Relación entre la diversidad de anuros y los estados sucesionales de un bosque muy húmedo montano bajo del Valle del Cauca, suroccidente colombiano. *Caldasia*, 29(2), 363-374.
- Girardin, C., Espejo, J., Doughty, C., Huasco, W., Metcalfe, D., Durand, L., . . . García, K. (2014). Productivity and carbon allocation in a tropical montane cloud forest in the Peruvian Andes. *Plant Ecology & Diversity*, 7(1-2), 107-123.
- Girardin, C., Farfan, W., Garcia, K., Feeley, K., Jørgensen, P., Murakami, A., . . . Fuentes, C. (2014). Spatial patterns of above-ground structure, biomass and composition in a network of six Andean elevation transects. *Plant Ecology & Diversity*, 7(1-2), 161-171.
- Girardin, C. A. J., Malhi, Y., Aragao, L., Mamani, M., Huaraca Huasco, W., Durand, L., . . . Silman, M. (2010). Net primary productivity allocation and cycling of carbon along a tropical forest elevational transect in the Peruvian Andes. *Global Change Biology*, 16(12), 3176-3192.
- González, S., & Vásquez, Á. (2017). Estado de los bosques de Antioquia entre 1990-2015: Págs.
- Grez, R., & Gerding, V. (2003). *Manual para el reconocimiento de suelos*: Universidad Austral de Chile.
- Hammer, Ø., Harper, D. A., & Ryan, P. D. (2001). PAST: paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia electronica*, 4(1), 9.
- Homeier, J., Breckle, S. W., Günter, S., Rollenbeck, R. T., & Leuschner, C. (2010). Tree diversity, forest structure and productivity along altitudinal and topographical gradients in a species- rich Ecuadorian montane rain forest. *Biotropica*, 42(2), 140-148.
- Jadán, O., Cedillo, H., Zea, P., Quichimbo, P., Peralta, Á., & Vaca, C. (2017). Relación entre deforestación y variables topográficas en un contexto agrícola ganadero, cantón Cuenca. *Bosques Latitud Cero*, 6(1).
- Jadán, O., Toledo, C., Tepán, B., Cedillo, H., Peralta, Á., Zea, P., . . . Vaca, C. (2017). Comunidades forestales en bosques secundarios alto-andinos (Azuay, Ecuador). *Bosque (Valdivia)*, 38(1), 141-154.
- Jara, A., De la Cruz, M., Espinosa, C. I., Méndez, M., & Escudero, A. (2015). Does spatial heterogeneity blur the signature of dispersal syndromes on spatial patterns of woody species? A test in a tropical dry forest. *Oikos*, 124(10), 1360-1366.
- Krebs, C. J. (1999). *Ecological Methodology*. An Imprint of Addison Wesley Longman. Inc., MenloPark, California.
- Kuebler, D., Hildebrandt, P., Guenter, S., Stimm, B., Weber, M., Mosandl, R., . . . Zeilinger, J. (2016). Assessing the importance of topographic variables for the spatial distribution of tree species in a tropical mountain forest. *Erdkunde*, 19-47.
- Lamprecht, H. (1990). Silvicultura nos tropicos: ecossistemas florestais e respectivas especies arboreas: possibilidades e metodos de aproveitamento sustentado. *Eschborn: GTZ*.
- López, A. S., Rodríguez, A. G., Álvarez, L. B., & Quintana, L. O. Á. (2015). ABUNDANCIA Y DIVERSIDAD DE PLANTAS LEÑOSAS EN ÁREAS DE BOSQUES SEMIDECIDUOS MICRÓFILOS, SOMETIDOS A DIFERENTES NIVELES DE PERTURBACIONES ANTRÓPICAS. *Foresta Veracruzana*, 17(2), 11-20.
- Llambí, L. D. (2012). *Ecología, hidrología y suelos de páramos: Proyecto Páramo Andino: Proyecto Páramo Andino*.
- Magurran, A. E. (2013). *Measuring biological diversity*: John Wiley & Sons.
- Matteucci, S. D., & Colma, A. (1982). Metodología para el estudio de la vegetación.





- Minga, D., Cordero, P., Donoso-Correa, M., Montesinos, K., Jimenez, M., Antaki, B., & Sarmiento, F. (2019). El microrefugio de Uchucay: un relicto de bosque interandino con una importante riqueza arbórea en el sur del Ecuador. *Pirineos*, 174, 047.
- Molina, M. A. (2007). Variación de la pubescencia foliar en plantas y sus implicaciones funcionales a lo largo de gradientes altitudinales. *Revista Ecosistemas*, 17(1).
- Myers, N., Mittermeier, R. A., Mittermeier, C. G., Da Fonseca, G. A., & Kent, J. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403(6772), 853.
- Nottingham, A. T., Whitaker, J., Turner, B. L., Salinas, N., Zimmermann, M., Malhi, Y., & Meir, P. (2015). Climate warming and soil carbon in tropical forests: insights from an elevation gradient in the Peruvian Andes. *Bioscience*, 65(9), 906-921.
- Pineda, M., Sánchez, L., Noa, J., Flores, N., Díaz, F., Iglesias, L., . . . Vásquez, S. (2008). Adaptación de la biodiversidad y cambio climático. *Estudios para un Programa Veracruzano ante el Cambio Climático*.
- Pujos, L. d. l. M. (2013). *Diversidad Florística a diferente Altitud en el Ecosistema Páramo en tres comunidades de la Organización de Segundo Grado Unión de Organizaciones del Pueblo Chibuleo*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Rafiqpoor, D., Kier, G., & Kreft, H. (2005). Global centers of vascular plant diversity. *Nova Acta Leopoldina NF*, 92(342), 61-83.
- Rodríguez, M. P. (2011). *Estudio de la Diversidad Florística a diferentes altitudes en el Páramo de Almohadillas de la comunidad Yatzaputzán, cantón Ambato*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Rubio, A. (2010). La densidad aparente en suelos forestales del Parque Natural Los Alcornocales.
- Sanchez, M. (2015). Ecuador: Revisión a las principales características del recurso forestal y de la deforestación. *Revista Científica y Tecnológica UPSE*, 3(1), 41-54.
- Sánchez, S., Crespo, G., Hernández, M., & García, Y. (2008). Factores bióticos y abióticos que influyen en la descomposición de la hojarasca en pastizales. *Pastos y Forrajes*, 31(2), 1-1.
- Sierra, R. (2013). Patrones y factores de deforestación en el Ecuador continental, 1990-2010. *Y un acercamiento a los próximos*, 10, 57.
- Simpson, E. H. (1949). Measurement of diversity. *Nature*, 163(4148), 688.
- Somarriba, E. (1999). Diversidad Shannon.
- Tapia, M. F., Homeier, J., Espinosa, C. I., Leuschner, C., & de la Cruz, M. (2015). Deforestation and forest fragmentation in South Ecuador since the 1970s—losing a hotspot of biodiversity. *PloS one*, 10(9), e0133701.
- Tepán, B. V., & Toledo, C. A. (2016). *Diversidad y estructura en bosques secundarios andinos del cantón Cuenca, provincia del Azuay*.
- Torres, G., & Alba, M. (2016). Floristic characterization of a high Andean forest in the purace national Natural Park, Cauca, Colombia. *Boletín Científico. Centro de Museos. Museo de Historia Natural*, 20(1), 27-39.
- Ulcuango, T., & Pilar, B. (2013). *Inventario florístico en el sector Ukshapamba, del bosque nativo de la comunidad de Paquiestancia, Cayambe-Ecuador, 2008*.
- Urrutia, R., & Vuille, M. (2009). Climate change projections for the tropical Andes using a regional climate model: Temperature and precipitation simulations for the end of the 21st century. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 114(D2).
- Valencia, R. (2000). *Libro rojo de las plantas endémicas del Ecuador*: Herbario QCA, Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- Villareal, H. M., Álvarez, M., Córdoba-Córdoba, S., Escobar, F., Fagua, G., Gast, F., . . . Umaña, A. M. (2004). Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad.

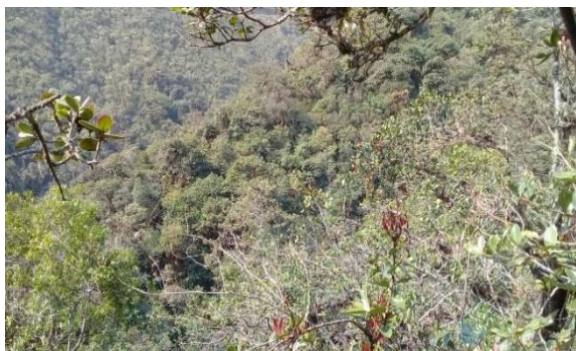




- Williams, G., Tolome, J., Forest, C., Litterfall, & Forest. (1996). Litterfall, temperate and tropical dominant trees, and climate in a Mexican lower montane forest. *Biotropica*, 649-656.
- Young, K. R. (1993). Tropical timberlines: changes in forest structure and regeneration between two Peruvian timberline margins. *Arctic and Alpine Research*, 25(3), 167-174.
- Young, K. R., & León, B. (2000). Biodiversity conservation in Peru's eastern montane forests. *Mountain Research and Development*, 20(3), 208-212.

## 12. ANEXOS

### *Anexo 1. Bosques de estudio Chaucha (izquierda) y San Gerardo (derecha).*



### *Anexo 2. Establecimiento de parcelas experimentales.*



### *Anexo 3. Toma de DAP de los biotipos leñosos.*



### *Anexo 4. Toma de muestras botánicas en las parcelas de investigación.*





**Anexo 5. Determinación de variables topográficas: altitud (izquierda) y pendiente (derecha).**



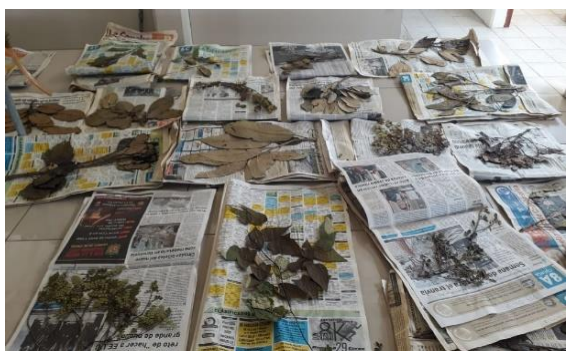
**Anexo 6. Toma de muestras de suelo para determinar variables edáficas (materia orgánica, pH, textura, conductividad eléctrica y densidad).**



**Anexo 7. Procesamiento de muestras botánicas.**



**Anexo 8. Identificación de especies botánicas.**



**Anexo 9.** *Determinación de las variables edáficas en laboratorio.*



**Anexo 10. Especies exclusivas y compartidas de los sitios de investigación.**

Nº	Especie	Chaucha	San Gerardo
1	<i>Acalypha</i> sp.	X	
2	<i>Aegiphila ferruginea</i>	X	
3	<i>Aegiphila integrifolia</i>	X	
4	<i>Ageratina pichinchensis</i>		X
5	<i>Aiouea dubia</i>	X	
6	<i>Aniba coto</i>		X
7	<i>Aniba muca</i>	X	
8	<i>Ardisia</i> sp.	X	
9	<i>Aristeguietia buddleaefolia</i>	X	
10	<i>Axinaea confusa</i>	X	X
11	<i>Axinaea macrophylla</i>	X	X
12	<i>Axinaea meriania</i>		X
13	<i>Baccharis brachylaenoides</i>		X
14	<i>Baccharis elaeagnoides</i>	X	X
15	<i>Baccharis latifolia</i>	X	
16	<i>Baccharis oblongifolia</i>	X	X
17	<i>Barnadesia arborea</i>		X
18	<i>Beilschmiedia</i> sp.		X
19	<i>Besleria divaricata</i>	X	
20	<i>Byrsonima</i> sp.		X
21	<i>Cavendishia bracteata</i>	X	
22	<i>Ceroxylon</i> sp.		X
23	<i>Cestrum</i> sp.	X	
24	<i>Citharexylum</i> sp.	X	
25	<i>Citronella incarum</i>	X	
26	<i>Clethra fimbriata</i>		X
27	<i>Clusia alata</i>	X	X
28	<i>Cornus peruviana</i>	X	
29	<i>Critoniopsis floribunda</i>	X	
30	<i>Critoniopsis</i> sp.	X	
31	<i>Critoniopsis huairacajana</i>	X	X
32	<i>Critoniopsis pycnantha</i>		X
33	<i>Critoniopsis seviliana</i>	X	X
34	<i>Critoniopsis sodiroi</i>	X	X
35	<i>Cupania</i> sp.	X	
36	<i>Cybianthus marginatus</i>		X
37	<i>Cybianthus punctatus</i>		X
38	<i>Delostoma integrifolium</i>	X	
39	<i>Dendrophorbium</i> sp.	X	



40	<i>Dendrophorbium lloense</i>	X	
41	<i>Dendrophorbium tipocochensis</i>	X	X
42	<i>Disterigma alaternoides</i>	X	
43	<i>Endlicheria formosa</i>	X	
44	<i>Escallonia myrtilloides</i>		X
45	<i>Eugenia sp.</i>		X
46	<i>Ferreyranthus verbascifolius</i>	X	
47	<i>Ficus dulciaria</i>	X	
48	<i>Fuchsia ayavacensis</i>		X
49	<i>Gaiadendron punctatum</i>		X
50	<i>Gaultheria erecta</i>	X	
51	<i>Geissanthus vanderwerffii pipoly</i>	X	
52	<i>Geissanthus andinus</i>	X	X
53	<i>Gynoxys azuayensis</i>	X	X
54	<i>Gynoxys sp.</i>	X	
55	<i>Gynoxys baccharoides</i>		X
56	<i>Gynoxys laurifolia</i>		X
57	<i>Gynoxys rimbachii</i>		X
58	<i>Hedyosmum sp.</i>	X	X
59	<i>Hedyosmum cumbalense</i>		X
60	<i>Hedyosmum goudotianum</i>		X
61	<i>Hedyosmum luteynii</i>	X	X
62	<i>Hedyosmum scabrum</i>	X	X
63	<i>Hesperomeles ferruginea</i>		X
64	<i>Hesperomeles obtusifolia</i>	X	
65	<i>Ilex andicola</i>		X
66	<i>Ilex myricoides</i>		X
67	<i>Lauracea sp.</i>	X	
68	<i>Lepechinia heteromorpha</i>		X
69	<i>Liabum sp.</i>	X	X
70	<i>Lycianthes sp.</i>		X
71	<i>Macleania rupestris</i>	X	X
72	<i>Macrocarpaea sp.</i>	X	
73	<i>Markea sp.</i>	X	
74	<i>Maytenus sp.</i>		X
75	<i>Maytenus verticillata</i>	X	X
76	<i>Meliosma sp.</i>	X	
77	<i>Meliosma arenosa</i>	X	
78	<i>Meriania sp.</i>	X	
79	<i>Meriania tomentosa</i>	X	
80	<i>Miconia sp.</i>	X	X
81	<i>Miconia crocea</i>	X	



82	<i>Miconia ligustrina</i>		X
83	<i>Miconia salicifolia</i>		X
84	<i>Monnina hirta</i>		X
85	<i>Monnina cestrifolia</i>	X	
86	<i>Monnina pilosa</i>	X	
87	<i>Myrcianthes discol</i>		X
88	<i>Myrcianthes rhopaloides</i>	X	X
89	<i>Myrsine coriacea</i>	X	X
90	<i>Myrsine depends</i>		X
91	<i>Myrsine andina</i>	X	X
92	<i>Ocotea infrafoveolata</i>		X
93	<i>Oreocallis grandiflora</i>	X	
94	<i>Oreopanax andreanum</i>		X
95	<i>Oreopanax avicenniaefolium</i>		X
96	<i>Oreopanax rosei</i>	X	X
97	<i>Palicourea amethystina</i>	X	
98	<i>Palicourea heterochroma</i>	X	
99	<i>Panopsis ferruginea</i>	X	
100	<i>Panopsis polystachya</i>		X
101	<i>Pentacalia sp.</i>	X	
102	<i>Pentacalia andicola</i>	X	
103	<i>Persea brevipes</i>	X	
104	<i>Phenax hirtus</i>	X	
105	<i>Piper andreanum</i>	X	X
106	<i>Polylepis incana</i>	X	
107	<i>Prumnopitys montana</i>		X
108	<i>Roupala pachypoda</i>	X	
109	<i>Roupala sp.</i>	X	
110	<i>Roupala dolichopoda</i>	X	
111	<i>Saurauia bullosa</i>	X	X
112	<i>Saurauia tomentosa</i>	X	
113	<i>Siparuna muricata</i>	X	
114	<i>Solanum sp.</i>	X	X
115	<i>Solanum torvum</i>	X	
116	<i>Solanum asperolanatum</i>		X
117	<i>Solanum barbatulum</i>	X	
118	<i>Solanum cutervanum</i>		X
119	<i>Solanum goniocaulon</i>		X
120	<i>Solanum hypacrarthrum</i>	X	
121	<i>Symplocos bogotensis</i>		X
122	<i>Symplocos canescens</i>		X
123	<i>Symplocos nuda</i>	X	



124	<i>Symplocos quitensis</i>		X
125	<i>Tournefortia fuliginosa</i>	X	
126	<i>Tournefortia scabrida</i>	X	X
127	<i>Vallea stipularis</i>	X	X
128	<i>Verbesina sp.</i>	X	
129	<i>Verbesina eggersii</i>		X
130	<i>Verbesina latisquama</i>	X	X
131	<i>Viburnum pichinchense</i>	X	
132	<i>Viburnum triphyllum</i>	X	X
133	<i>Weinmannia fagaroides</i>		X



**Anexo 11.** Correlaciones de las variables de la vegetación con variables ambientales con individuos con DAP  $\geq 5$  cm.

Variable(1)	Variable(2)	n	Pearson	p-valor
Ind/ha	Altitud	20	0.2	0.4021
Ind/ha	Pendiente %	20	-0.37	0.1127
Ind/ha	Precipitación	20	-0.12	0.6044
Ind/ha	Temperatura	20	-0.2	0.3986
Ind/ha	pH (15cm)	20	-0.49	0.0285
Ind/ha	pH (30cm)	20	-0.74	0.0002
Ind/ha	CE (15cm)	20	-0.16	0.511
Ind/ha	CE (30cm)	20	-0.32	0.1628
Ind/ha	Densidad (15cm)	20	-0.51	0.0209
Ind/ha	Densidad (30cm)	20	-0.36	0.1185
Ind/ha	% MO 15cm	20	0.16	0.5046
Ind/ha	%_MO_30cm	20	0.24	0.2979
Riqueza	Altitud	20	-0.38	0.0959
Riqueza	Pendiente %	20	0.24	0.3176
Riqueza	Precipitación	20	0.23	0.3192
Riqueza	Temperatura	20	0.29	0.2172
Riqueza	pH (15cm)	20	-0.25	0.2848
Riqueza	pH (30cm)	20	-0.25	0.2919
Riqueza	CE (15cm)	20	-0.26	0.2635
Riqueza	CE (30cm)	20	-0.3	0.1924
Riqueza	Densidad_(15cm)	20	0.13	0.5972
Riqueza	Densidad (30cm)	20	0.04	0.8672
Riqueza	% MO 15cm	20	-0.1	0.6897
Riqueza	% MO 30cm	20	0.1	0.6777
Shannon_H	Altitud	20	-0.47	0.0349
Shannon_H	Pendiente %	20	0.3	0.2045
Shannon_H	Precipitación	20	0.46	0.0418
Shannon_H	Temperatura	20	0.36	0.1189
Shannon_H	pH (15cm)	20	-0.14	0.5519
Shannon_H	pH (30cm)	20	0.12	0.6091
Shannon_H	CE (15cm)	20	-0.09	0.7129
Shannon_H	CE (30cm)	20	-0.16	0.5031
Shannon_H	Densidad (15cm)	20	0.26	0.27
Shannon_H	Densidad_(30cm)	20	0.09	0.7004
Shannon_H	% MO 15cm	20	-0.06	0.8152
Shannon_H	% MO 30cm	20	0.17	0.4644
Simpson_1-D	Altitud	20	-0.35	0.1343
Simpson_1-D	Pendiente_%	20	0.21	0.3627
Simpson_1-D	Precipitación	20	0.38	0.0943
Simpson_1-D	Temperatura	20	0,23	0.3234



Simpson_1-D	pH (15cm)	20	-0.08	0.7359
Simpson_1-D	pH (30cm)	20	0.2	0.4002
Simpson_1-D	CE (15cm)	20	0.03	0.9165
Simpson_1-D	CE (30cm)	20	-0.06	0.7866
Simpson_1-D	Densidad (15cm)	20	0.17	0.474
Simpson_1-D	Densidad_(30cm)	20	0.01	0.9805
Simpson_1-D	% MO 15cm	20	0.02	0.9341
Simpson_1-D	% MO 30cm	20	0.23	0.3356

**Anexo 12.** Correlaciones de las variables de la vegetación con variables ambientales con individuos con DAP  $\geq 10$  cm.

Variable (1)	Variable (2)	n	Pearson	p-valor
Ind/ha	Altitud	20	0.66	0.0014
Ind/ha	Pendiente%	20	-0.34	0.1479
Ind/ha	Precipitación	20	-0.61	0.0046
Ind/ha	Temperatura	20	-0.71	0.0005
Ind/ha	pH (15cm)	20	-0.35	0.1318
Ind/ha	pH (30cm)	20	-0.72	0.0003
Ind/ha	CE (15cm)	20	-0.05	0.8312
Ind/ha	CE (30cm)	20	-0.23	0.331
Ind/ha	Densidad (15cm)	20	-0.36	0.1223
Ind/ha	Densidad (30cm)	20	-0.35	0.1274
Ind/ha	% MO 15cm	20	0.27	0.2436
Ind/ha	% MO 30cm	20	0.29	0.2212
Ind/ha	Arcilla %	20	0.4	0.0767
Ind/ha	Limo %	20	0.27	0.2524
Ind/ha	Arena %	20	-0.33	0.151
Riqueza	Altitud	20	-0.11	0.6394
Riqueza	Pendiente %	20	0.12	0.6086
Riqueza	Precipitación	20	-0.01	0.9799
Riqueza	Temperatura	20	0.00085	0.9972
Riqueza	pH (15cm)	20	-0.07	0.7854
Riqueza	pH (30cm)	20	-0.22	0.345
Riqueza	CE (15cm)	20	-0.14	0.5579
Riqueza	CE (30cm)	20	-0.16	0.4915
Riqueza	Densidad (15cm)	20	0.26	0.2699
Riqueza	Densidad (30cm)	20	0.1	0.6678
Riqueza	% MO 15cm	20	0.03	0.9134
Riqueza	% MO 30cm	20	0.21	0.3827
Riqueza	Arcilla %	20	-0.38	0.1019
Riqueza	Limo %	20	-0.24	0.3035
Riqueza	Arena %	20	0.26	0.276
Simpson_1-D	Altitud	20	-0.3	0.2034
Simpson_1-D	Pendiente %	20	0.28	0.2378
Simpson_1-D	Precipitación	20	0.33	0.1533
Simpson_1-D	Temperatura	20	0.2	0.3894
Simpson_1-D	pH(15cm)	20	-0.13	0.5939
Simpson_1-D	pH (30cm)	20	0.15	0.5401
Simpson_1-D	CE(15cm)	20	-0.00076	0.9975
Simpson_1-D	CE(30cm)	20	-0.07	0.7687
Simpson_1-D	Densidad (15cm)	20	0.18	0.4587



Simpson_1-D	Densidad (30cm)	20	0.04	0.8721
Simpson_1-D	% MO 15cm	20	-0.02	0.9397
Simpson_1-D	% MO 30cm	20	0.15	0.5149
Simpson_1-D	Arcilla %	20	-0.26	0.2744
Simpson_1-D	Limo %	20	-0.12	0.628
Simpson_1-D	Arena %	20	0.15	0.5311
Shannon_H	Altitud	20	-0.3	0.2039
Shannon_H	Pendiente %	20	0.32	0.1721
Shannon_H	Precipitación	20	0.27	0.2429
Shannon_H	Temperatura	20	0.2	0.4092
Shannon_H	pH (15cm)	20	-0.11	0.6363
Shannon_H	pH (30cm)	20	0.05	0.8269
Shannon_H	CE (15cm)	20	-0.04	0.8686
Shannon_H	CE (30cm)	20	-0.09	0.7166
Shannon_H	Densidad (15cm)	20	0.28	0.2403
Shannon_H	Densidad (30cm)	20	0.12	0.6048
Shannon_H	% MO 15cm	20	-0.05	0.828
Shannon_H	% MO 30cm	20	0.11	0.6425
Shannon_H	Arcilla %	20	-0.37	0.1065
Shannon_H	Limo %	20	-0.19	0.4302
Shannon_H	Arena %	20	0.23	0.3401



**Anexo 13.** Valores de las variables topográficas y edáficas de las zonas de estudio.

Localidad	Parcela	Altitud	Pendiente %	pH (15 cm)	pH (30 cm)	CE (15 cm)	CE (30 cm)	Da (15 cm)	Da (30 cm)	% MO (15cm)	% MO (30 cm)	Tex Prof. suelo
Chaucha	1	2856	46	5,34	6,3	0,1	0,07	1,44	1,27	20,2	11,4	Franco arenosa
	2	2860	55	6,08	5,78	0,07	0,06	0,81	0,99	18,4	15,1	Franco limosa
	3	2801	80	5	5,69	0,08	0,05	0,45	0,62	31,7	24	Franco limosa
	4	2700	50	5,06	6,68	0,07	0,05	0,66	0,79	24,9	20,8	Franco arenosa
	5	2690	60	5,28	6,54	0,09	0,09	0,51	0,55	33,9	27,9	Arenoso franco
	6	2780	40	5,09	5,6	0,11	0,09	0,40	0,51	34,4	27,7	Franco arenosa
	7	2888	30	5,15	5,37	0,08	0,06	0,36	0,69	29,5	26,5	Franco limosa
	8	2658	35	5,45	5,43	0,1	0,07	0,70	0,89	15,1	11,7	Franco limosa
	9	2513	60	5,44	5,53	0,09	0,07	0,92	1,05	10,7	9,6	Franco arenosa
	10	2504	20	5,09	5,34	0,08	0,07	0,95	0,97	13,9	16,5	Franco limosa
San Gerardo	11	3366	31	5,85	5,34	0,09	0,06	0,42	0,45	45,5	40,8	Franco arenosa
	12	3385	40	4,85	4,78	0,09	0,07	0,44	0,55	49,4	43,9	Franco arenosa
	13	3462	41	4,84	4,89	0,1	0,07	0,26	0,67	29,6	18	Franco limosa
	14	3427	33	4,9	4,72	0,09	0,06	0,44	0,56	35,5	23,3	Franco limosa
	15	3336	34	5,42	5,16	0,09	0,08	0,51	0,82	24	9,8	Franco limosa
	16	3285	28	6,36	6,43	0,1	0,11	0,50	0,81	25,6	19,8	Franco
	17	3338	35	6,46	6,49	0,2	0,16	0,61	0,67	42	27,9	Franco arenosa
	18	3460	50	4,85	5,42	0,09	0,06	0,57	0,49	36,3	29,9	Franco
	19	3366	43	5,27	5,18	0,07	0,06	0,65	0,73	14,4	17,5	Franco limosa
	20	3350	30	4,88	5,37	0,14	0,08	0,42	0,46	48,90	46,5	Franco arenosa

**Anexo 14:** Hoja de campo para la descripción general de la parcela de investigación.

**FICHA GENERAL DE PARCELA**

NOMBRE DE LA PARCELA:

RESPONSABLE:

FECHA DE INICIO:

FECHA DE FINALIZACIÓN:

PERSONAS IMPLICADAS:

COORDENADAS EN PUNTO 1:

COORDENADAS EN PUNTO 7:

ALTITUD:

PENDIENTE:

ORIENTACIÓN EJE LARGO (50 m):

ORIENTACIÓN EJE CORTO (20 m):

POSICIÓN TOPOGRÁFICA:

**DESCRIPCIÓN GENERAL**

- ☐ Esquema de la parcela y alrededores (subparcelas, orientación, y cualquier heterogeneidad)
- ☐ Tipo de bosque
- ☐ Instrucciones exactas de cómo llegar
- ☐ Tipo de cobertura vegetal (ej. suelo desnudo, mucha hojarasca, mucho arbusto...)
- ☐ Distancia a carreteras / caminos
- ☐ Particularidades de la vegetación (presencia de árboles / lianas gruesas, helechos, ...)
- ☐ Otras particularidades (sendas cercanas, arroyos, árboles caídos, etc)
- ☐ Frecuencia y tipo de disturbancias comunes
- ☐ Influencia humana (visible, posible, cercanía potreros, uso de tierra, etc)
- ☐ Información sobre la matriz en la que se enclava la parcela

**Anexo 15:** Hoja de campo para la toma de datos del muestreo de suelo.**MUESTREO DE SUELO (15 - 30 cm)**

NOMBRE DE LA PARCELA:

RESPONSABLE:

FECHA:

**1) ANÁLISIS QUÍMICOS (5 sub- muestras)**

•		•		•
	•		•	

Profundidad del horizonte orgánico (cm) en

Sub-muestra 1:

sub- muestra 2:

sub- muestra 3:      promedio:

sub- muestra 4:

sub- muestra 5:

**2) DENSIDAD APARENTE (3 sub- muestras)**

•				•
		•		

Volumen del cilindro utilizado:

## PARCELA DE MUESTREO – PLANILLA DEL MEDIDOR

[illegible][illegible]



**Nombre de la parcela:** ..... **Fecha:** ... ..... **Responsable:** ..... **Nº pag:** .....

**Nombre de la parcela:** ..... **Fecha:** ... ..... **Responsable:** ..... **Nº pag:** .....

[illegible]